



Julho de 2018 Oscar Javier Urbina Leal Medidas para a otimização do nível de sustentabilidade de edifícios de serviços – estudo de caso.



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Oscar Javier Urbina Leal

Medidas para a otimização do nível de sustentabilidade de edifícios de serviços – estudo de caso.

Julho de 2018



Universidad
Industrial de
Santander



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

Oscar Javier Urbina Leal

Medidas para a otimização do nível de sustentabilidade de edifícios de serviços – estudo de caso.

Dissertação de Mestrado

Ciclo de Estudos Integrados Conducentes ao Grau de Mestre em Engenharia Civil

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Luís Bragança

Professor Omar Giovanny Sánchez Rivera

Julho de 2018

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por las oportunidades que me ha dado, no sólo a nivel de estudios, sino también por haber nacido en una familia tan amorosa, que me ha apoyado siempre, en donde mis padres han sido un apoyo fundamental basados en un amor incondicional, guiándome siempre hacia el objetivo de formarme como un ser humano integro.

A mis hermanos, con quienes he contado en todo momento, prestándome su apoyo en innumerables ocasiones. A toda mi familia, que, a pesar de ser numerosa, he sentido el apoyo de cada uno de sus integrantes durante todas las etapas de mi vida, donde cada uno de mis tíos, primos y de más han jugado un papel importante aportándole a mi vida ciertos pensamientos y filosofías de vida que forjaron mi carácter y mi manera de ver las cosas.

A todos y cada uno de mis compañeros de la universidad con quienes compartí momentos maravillosos, donde juntos intentamos superar de la mejor manera cada una de las barreras que se fueron presentado, con los cuales tuve la oportunidad de vivir experiencias que siempre estarán en mi memoria. También quiero agradecer a mis compañeros de colegio, especialmente a aquellos quienes aún permanezco en contacto a diario, porque tuve la oportunidad de crecer y madurar apoyado siempre en ustedes, sin importar las diferentes y extrañas maneras en la que lo hacían. Al resto de mis amigos y compañeros que la vida cruzó en mi camino, de diferentes países y culturas donde he tenido la oportunidad de abrir mi mente y expandir la manera con la que veo las cosas.

A mi novia Kateryna, quién me brindó su apoyo y amor incondicional cada día que hemos tenido la oportunidad de compartir juntos, y que, a pesar de la distancia, siempre se las ha ingeniado para hacer todo más ameno.

A mis orientadores, el profesor Luís Bragança, y el profesor Omar Sánchez, por su apoyo durante el desarrollo de esta tesis.

Por último, quiero dar una mención especial al profesor Ricardo Mateus, quién me acompañó y apoyó en cada etapa del desarrollo de la investigación, de quién no solo recibí su conocimiento, pero también un ambiente ameno de trabajo, amabilidad y disposición, que hicieron un desarrollo más sano e fácil del proyecto.

RESUMO

A presente dissertação apresenta e explica como nasceu o conceito da Construção Sustentável, sendo o resultado da crescente problemática do aumento da população, e o consumo de recursos que este fenómeno traz consigo. A construção sustentável está interligada com as três dimensões do desenvolvimento sustentável, a ambiental, a social e a económica, sendo assim um conceito multidimensional baseado no desempenho de uma construção ao nível de cada uma destas dimensões. Os objetivos dum edifício sustentável são os seguintes: otimizar o potencial do terreno; preservar a identidade cultural regional; minimizar o consumo de energia, proteger e preservar os recursos de água; utilizar materiais e produtos de construção eco eficientes; manter um ambiente interior saudável e confortável; otimizar as práticas de utilização e de manutenção; e reduzir os custos do ciclo de vida.

Produto das problemáticas referidas, e tendo em conta os objetivos que toda construção sustentável deve ter, nasceram diversos sistemas de avaliação e certificação da sustentabilidade, os quais tem um papel importantes nas fases de projeto, construção, utilização, manutenção e desconstrução do edifício, promovendo assim os aspetos sociais, económicos e ambientais, com outros critérios de decisão. Entre estes sistemas, se encontra o manual de avaliação SBTOOL-P, que nasceu a partir da antiga metodologia GBTOOL, uma metodologia mais objetiva, que a diferença das outras metodologias, está baseada em dados e critérios quantitativos e não apreciações qualitativas de desempenho, obtendo assim notas globais de sustentabilidade mais aproximadas à realidade.

Esta dissertação tem como objetivo a avaliação e a otimização da sustentabilidade de um museu na cidade de Lisboa, através da utilização da metodologia SBTOOL-PT para edificações de serviços, obtendo assim um nível de desempenho de cada uma das dimensões anteriormente mencionadas, e propondo medidas que permitam aumentar este nível, em função às necessidades que o museu vai apresentar. Esta abordagem foi desenvolvida de modo a promover a sensibilização das pessoas encarregadas do financiamento, desenho e desenvolvimento das diferentes construções em Portugal, sendo um exemplo para a implementação de políticas e soluções adequadas à construção sustentável.

Palavras-chaves: SBTOOL, construção sustentável, edifícios de serviços.

ABSTRACT

This work presents and explains how the concept of Sustainable Construction was born, being the result of the problem of increasing population, and the phenomenon that comes with it that is the exaggerated consumption of resources. Sustainable construction is intertwined with the three dimensions of sustainable development (environmental, social and economic), thus being a multidimensional concept based on the performance of a construction at the level of each of these dimensions. The objectives of a sustainable building are: to optimize the potential of the land; preserve regional cultural identity; minimize energy consumption, protect and preserve water resources; use eco-efficient building materials and products; maintain a healthy and comfortable indoor environment; and reduce life cycle costs.

Taking into consideration these objectives that all sustainable construction should have, a number of sustainability assessment and certification systems have emerged, which play an important role in the design, construction, use, maintenance and deconstruction of the building, promoting good practices in terms of social, economic and environmental dimensions. Among these systems is the SBTOOL-P assessment manual, which was born from the old GBTOOL methodology, an objective methodology, which, unlike the other methodologies, is based on quantitative data and criteria and not on qualitative performance appraisals, and therefore the result of the sustainability of the building would be closer to reality.

This dissertation aims to evaluate and optimize the sustainability of a museum in the city of Lisbon by using the SBTOOL-PT methodology for services buildings, thus achieving a level of performance of each of the dimensions previously mentioned, and proposing measures that allow to increase this level, according to the needs that the museum will present. This approach was developed in order to promote the awareness of the people responsible for financing, designing and developing the different constructions in Portugal, being an example for the implementation of policies and solutions suitable for sustainable construction.

KEYWORDS: SBTOOL, Sustainable construction, Service Buildings.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Enquadramento	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estrutura da dissertação	3
2. ESTADO DA ARTE	5
2.1. Edifícios de serviços	5
2.2. Desenvolvimento sustentável	6
2.2.1. História da construção sustentável	6
2.3. Planos de ação e estratégias em Portugal	9
2.3.1. Estratégia 2020	9
2.3.2. Plano Nacional De Ação para a eficiência energética 2016	9
2.3.3. Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis	9
2.4. Métodos de avaliação da sustentabilidade na construção	10
2.4.1. Métodos utilizados internacionalmente	11
2.4.1.1. Building Research Establishment Environmental Assessment Method-BREEAM	11
2.4.1.2. Haute Qualité Environnementale des Bâtiments – HQE	13
2.4.1.3. Leadership in Energy and Environmental Design - LEED	14
2.4.1.4. Green Building Challenge - GBC	16
2.4.1.5. Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency - CASBEE	18
2.4.2. Métodos utilizados em Portugal	21
2.4.2.1. Liderar pelo Ambiente - LIDERA	21

2.4.2.2.	Sustainable Building Tool Portugal - SBTOOL-PT.....	23
2.5.	Desenvolvimento de novas metodologias.....	26
2.6.	Exemplos de medidas introduzidas em casos de estudo.....	26
2.6.1.	M&S Cheshire Oaks Store	27
2.6.1.1.	Localização, integração e biodiversidade.....	27
2.6.1.2.	Eficiência Energética.....	28
2.6.1.3.	Utilização eficiente de recursos.....	29
2.6.1.4.	Qualidade dos ambientes interiores.....	32
2.6.1.5.	Minimização e gestão de resíduos.....	32
2.6.1.6.	Sensibilização e formação para a utilização sustentável	34
2.6.2.	California Academy of Sciences	35
2.6.2.1.	Localização, integração e biodiversidade.....	35
2.6.2.2.	Eficiência Energética.....	37
2.6.2.3.	Utilização eficiente de recursos.....	38
2.6.2.4.	Qualidade dos ambientes interiores.....	39
2.6.2.5.	Minimização e gestão de resíduos.....	42
2.6.2.6.	Sensibilização e formação para a utilização sustentável	42
2.6.3.	Museu Bardini em Florencia	43
2.6.3.1.	Localização, integração e biodiversidade.....	43
2.6.3.2.	Eficiência energética.....	44
2.6.3.3.	Utilização eficiente de recursos.....	45
2.6.3.4.	Qualidade dos ambientes interiores.....	45
2.6.3.5.	Minimização e gestão de resíduos.....	48
2.6.3.6.	Sensibilização e formação para a utilização sustentável	48
2.6.4.	Hotel Jardim Atlântico	49
2.6.4.1.	Localização, integração e biodiversidade.....	49
2.6.4.2.	Eficiência energética.....	51

2.6.4.3.	Utilização eficiente de recursos	52
2.6.4.4.	Qualidade dos ambientes interiores	53
2.6.4.5.	Minimização e gestão de resíduos	54
2.6.4.6.	Sensibilização e formação para a utilização sustentável	55
3.	METODOLOGIA	56
4.	ESTUDO DE CASO - EDIFÍCIO DE SERVIÇOS EM LISBOA	57
4.1.	Descrição da obra.....	57
4.2.	Avaliação segundo a metodologia SBTOOL-PT.....	63
4.2.1.	C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior.....	63
4.2.1.1.	I1-Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção	64
4.2.1.2.	P2-Efeito ilha de calor	64
4.2.2.	C2-Biodiversidade e uso do solo.....	66
4.2.2.1.	I3-Eficiência no uso do solo	66
4.2.2.2.	I4-Localização sustentável	67
4.2.3.	C3-Energia	68
4.2.3.1.	I7-Consumo de Energia	68
4.2.3.2.	I8-Energias renováveis	69
4.2.3.3.	I9-Gestão de sistemas mecânicos	70
4.2.4.	C4-Materiais, Resíduos sólidos e Gestão de Recursos	71
4.2.4.1.	I10-Materiais reutilizados.....	71
4.2.4.2.	I11-Materiais com conteúdo reciclado	72
4.2.4.3.	I13-Gestão ambiental.....	73
4.2.4.4.	I14-Flexibilidade e Adaptabilidade	73
4.2.5.	C5-Água	74
4.2.5.1.	I15-Consumo de água.....	74
4.2.5.2.	I16-Reciclagem e tratamento de água	76
4.2.5.3.	I17-Sistema de gestão de águas pluviais	78

4.2.6.	C6-Conforto e saúde dos utilizadores	79
4.2.6.1.	I18-Qualidade do ar interior	80
4.2.6.2.	I19-Conforto térmico	81
4.2.6.3.	I20-Conforto lumínico	82
4.2.6.4.	I21-Conforto acústico	84
4.2.7.	C7-Acessibilidade	86
4.2.7.1.	I22-Plano de mobilidade.....	86
4.2.8.	C8-Segurança	86
4.2.8.1.	I23-Segurança dos ocupantes	87
4.2.9.	C9-Custos de ciclo de vida.....	87
4.2.9.1.	I24-Custos de ciclo de vida	87
4.2.10.	Avaliação global	93
4.2.11.	C1-Sustentabilidade do local	99
4.2.11.1.	I1-Accessibilidade a transportes públicos	100
4.2.11.2.	I2-Acessibilidade a amenidades	102
4.2.12.	Avaliação global	104
5.	ANÁLISE DE RESULTADOS	105
5.1.	Medidas para a otimização da sustentabilidade do edifício em estudo	110
5.1.1.	Substituição de sistemas de climatização e ventilação.....	111
5.1.2.	Otimização do sistema de monitorização global do edifício.....	115
5.1.3.	Equipamentos para gerar energia através de fontes renováveis	120
5.1.4.	Substituição das lâmpadas para a iluminação interior	125
5.1.5.	Substituição de dispositivos para o consumo de água.....	127
5.1.6.	Sensibilização e formação para a utilização sustentável	131
5.1.7.	Reservatório de águas pluviais:.....	133
5.2.	Avaliação global com as propostas de melhoria.....	141
6.	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	144

6.1. Perspetivas futuras	150
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152
ANEXOS	156

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Distribuição percentual do consumo energético no setor de serviços na Espanha, ano 2000. (Neumann, Millán and Aumente, 2005)</i>	<i>6</i>
<i>Figura 2. Cronologia Relevante das pessoas, eventos e acordos que construíram a trajetória da construção sustentável. (Informação tomada dos autores: (Mateus, 2009; Calixto, 2016))</i>	<i>8</i>
<i>Figura 3. Esquema do processo geral de obtenção do índice de desempenho ambiental (Meneses, 2010).</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Classes da certificação BREEAM (Calixto, 2016).</i>	<i>13</i>
<i>Figura 5. Categorias e áreas de avaliação do sistema HQE.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 6. Tipos de edifício e suas possíveis fases de avaliação em LEED (Meneses, 2010)</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7. Categorias da avaliação do sistema LEED (Council, 2018)</i>	<i>15</i>
<i>Figura 8. Certificações e suas respectivas intervalos de pontuação (LEED, 2010)</i>	<i>16</i>
<i>Figura 9. Categorias e áreas de avaliação do GBC</i>	<i>17</i>
<i>Figura 10. Estrutura conceptual do CASBEE. (Leal, 2010)</i>	<i>19</i>
<i>Figura 11. Categorias e indicadores do sistema de avaliação CASBEE</i>	<i>20</i>
<i>Figura 12. Relação dos fatores Q e L para obter o fator BEE e a classificação ambiental (JGBC, 2014)</i>	<i>20</i>
<i>Figura 13. Quadro de relação do fator BEE e a classificação ambiental no CASBEE (JGBC, 2014)</i>	<i>21</i>
<i>Figura 14. Níveis de sustentabilidade do sistema LIDERA (Pinheiro, 2006)</i>	<i>23</i>
<i>Figura 15. Classificação qualitativa do SBTOOL- PT. (Mateus, 2009)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 16. Certificado de sustentabilidade do SBTOOL- PT (Mateus, 2009)</i>	<i>25</i>
<i>Figura 17. Fotografia do M&S Cheshire Oaks Store. (Datta, 2012)</i>	<i>27</i>
<i>Figura 18. Árvores plantados pela loja para reverter o impacte negativo (BREEAM ESPAÑA, 2012).</i>	<i>28</i>
<i>Figura 19. Mapa térmico da loja na fachada. (Datta, 2012)</i>	<i>29</i>
<i>Figura 20. Sistema de iluminação natural e ductos para a troca de ar na loja (BREEAM ESPAÑA, 2012).</i>	<i>29</i>
<i>Figura 21. Iluminação LED utilizada nos estacionamento (BREEAM ESPAÑA, 2012).</i>	<i>29</i>
<i>Figura 22. Telhado branco e ladrilhos para o pavimento utilizados na loja (BREEAM ESPAÑA, 2012).</i>	<i>30</i>
<i>Figura 23. Madeira laminada 100% certificada pelo conselho de Manejo Florestal (BREEAM ESPAÑA, 2012; Datta, 2012).</i>	<i>31</i>
<i>Figura 24. Painéis pré-fabricados com cânhamo e cal nas paredes externas (BREEAM ESPAÑA, 2012; Datta, 2012)</i>	<i>31</i>
<i>Figura 25. Reservatório subterrâneo para o armazenamento e reutilização das águas pluviais (BREEAM ESPAÑA, 2012)</i>	<i>32</i>
<i>Figura 26. Sorteios para a incentivação de reutilizar sacos para as compras (Datta, 2012)</i>	<i>33</i>

Figura 27. Bobby, Cheshire, Oaks, Spencer, os 4 cães que se compraram para ajudar as pessoas não videntes (Datta, 2012).	34
Figura 28. Sensibilização da sustentabilidade mediante tours guiados (Datta, 2012).	34
Figura 29. Sítios para carregar os carros elétricos (Datta, 2012).	35
Figura 30. Estacionamentos para bicicletas com teto verde (BREEAM ESPAÑA, 2012).	35
Figura 31. Fotografia da Academia das ciências em San Francisco, Califórnia (CAS, 2018).	35
Figura 32. Resumo da pontuação obtida da avaliação feita por LEED (USGBC LEED, 2011).	36
Figura 33. Colinas do telhado verde da Academia, preenchidas por plantas nativas (CAS, 2018)	36
Figura 34. Painéis fotovoltaicos ao redor do telhado verde (CAS, 2018).	38
Figura 35. Construção da Academia das ciências da Califórnia (CAS, 2018)	39
Figura 36. Sistemas de redução do consumo de água potável (CAS, 2018).	39
Figura 37. Iluminação natural em mais de 90% dos espaços ocupados no museu (CAS, 2018).	41
Figura 38. Claraboias utilizadas e incorporadas no telhado verde do museu (CAS, 2018).	41
Figura 39. Retrato do antigo Museu Bardini antes da sua remodelação (Sala and Gallo, 2007)	43
Figura 40. Fachada a manter do museu (Sala and Gallo, 2007)	44
Figura 41. Estrutura do novo telhado ventilado (Sala and Gallo, 2007).	45
Figura 42. Janelas, caixilharia e cortinas instaladas para diminuir as perdas de energia (Sala and Gallo, 2007)	45
Figura 43. Grades nas janelas para a renovação de ar Figura 43.	47
Figura 44. Seção das novas claraboias (Sala and Gallo, 2007).	48
Figura 45. Painéis difusores instalados no telhado (Sala and Gallo, 2007).	48
Figura 46. Troca dos envidraçados para incrementar os níveis de iluminação (Sala and Gallo, 2007).	48
Figura 47. Certificação do desempenho da sustentabilidade do Hotel Jardim Atlântico (Jardim Atlântico, 2003)	49
Figura 48. Hotel Jardim Atlântico (Jardim Atlântico, 2003)	50
Figura 49. Área ajardinada do Hotel (Pinheiro, 2006).	50
Figura 50. Amenidades do Hotel para seus utilizadores (Jardim Atlântico, 2003).	51
Figura 51. Lâmpadas de baixo consumo e pormenor dos equipamentos da cozinha (Pinheiro, 2006)	52
Figura 52. Redutores nas torneiras (Pinheiro, 2006).	53
Figura 53. Beiral de recolha das águas pluviais no Hotel (Pinheiro, 2006).	53
Figura 54. Vista superior da ETAR do Hotel (Pinheiro, 2006).	55
Figura 55. Recarga e reutilização dos recipientes para a limpeza (Pinheiro, 2006).	55
Figura 56. Recarga e reutilização dos recipientes com sabonete (Pinheiro, 2006)	55
Figura 57. Ângulo do céu visível	83
Figura 58. Gama FXTM de ar condicionado (DAIKIN, 2017).	112
Figura 59. Custos anuais de eletricidade	114
Figura 60. Comparação entre a poupança e o investimento com os ares condicionados adicionados.	115
Figura 61. Sensor combinado RFTM-LQ-CO ₂ -W(S+S REGELTECHNIK, 2017).	117
Figura 62. Exemplo do pré-filtro F6 e filtro F8	117

Figura 63. BOX FILTER D (NOVOVENT, 2009)	118
Figura 64. Aerogerador Bornay Wind 25.3 (BORNAY, 2016)	121
Figura 65. Consumos e custo de eletricidade atual e com a melhoria ao longo da vida útil do edifício em estudo.	122
Figura 66. Comparação entre a poupança e o investimento com os aerogeradores adicionados.	123
Figura 67. Painel LG NeON Bifacial (SOLARSHOP, no date)	123
Figura 68. Consumos e custo de eletricidade atual e com a melhoria ao longo da vida útil do edifício em estudo.	124
Figura 69. Comparação entre a poupança e o investimento com os painéis adicionados.	124
Figura 70. Lâmpada T8 LED de 2860 lumens e 22 W	126
Figura 71. Poupança e investimento da substituição das lâmpadas halógenas LED	126
Figura 72. Despesa anual da energia para a iluminação interior	127
Figura 73. Torneira ERIX ET010 com redução de caudal e temporizador	128
Figura 74. Autoclismo classe A++ e estrutura de fixação (Erix, 2016)	129
Figura 75. Máquina de lavar louça classe A++ (WORTEN, 2017)	129
Figura 76. Consumos e custo de água atual e com a melhoria	130
Figura 77. Comparação entre o investimento e a poupança da melhoria	130
Figura 78. Precipitação e consumo de água no edifício em estudo	135
Figura 79. Nível da água no depósito por mês	135
Figura 80. Precipitação e consumo de água no edifício em estudo	137
Figura 81. Nível de água no depósito por mês	137
Figura 82. Reservatórios enterrados da marca GRAF com diferente volume (GRAF, 2016)	138
Figura 83. Filtro OPTIMAX XXL para os reservatórios (GRAF, 2016)	139
Figura 84. Bomba da marca AQUAMATIC série SB10 (AQUAMATIC S.A., 2015)	139
Figura 85. Consumos e custo de água das bacias de retrete atuais e com a melhoria.	140
Figura 86. Comparação entre o investimento e a poupança da melhoria.	140

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Categorias, áreas e indicadores de avaliação do sistema LIDERA	22
Quadro 2. Potências térmicas da rede urbana	59
Quadro 3. Bombas hidráulicas do sistema de AV/AC	59
Quadro 4. Características principais dos splits	60
Quadro 5. Características das unidades Close Control	60
Quadro 6. Unidades de Tratamento de Ar (UTA)	61
Quadro 7. Características dos ventiladores de insuflação e extração	62

Quadro 8. Características dos depósitos de Águas Quentes Sanitárias	62
Quadro 9. Categoria I, seus indicadores e pesos	63
Quadro 10. Cálculo da área construída em projeção horizontal com refletância igual ou superior a 60%.....	65
Quadro 11. Áreas para o cálculo da percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60% .	65
Quadro 12. Categoria II, seus indicadores e pesos	66
Quadro 13. Distâncias do local de construção para o calculo de índice de acessibilidade a infraestruturas	67
Quadro 14. Categoria III, seus indicadores e seus respectivos pesos	68
Quadro 15. Valores utilizados no calculo da quantidade de energia produzida a partir de fontes renováveis. ...	70
Quadro 16. Calculo do valor normalizado da energia produzida, utilizando os valores da melhor prática e a prática convencional	70
Quadro 17. Categoria IV, seus indicadores e seus pesos.	71
Quadro 18. Calculo da percentagem de materiais reutilizados, e do seu valor normalizado	72
Quadro 19. Categoria V, seus indicadores e respectivos pesos.....	74
Quadro 20. Media anual do consumo de água obtida a partir das faturas	75
Quadro 21. Cálculos e resultados na quantificação da percentagem de águas recicladas e tratadas e a percentagem de redução de consumo de água.....	77
Quadro 22. Práticas de referência na reciclagem e tratamento de água	78
Quadro 23. Cálculo do índice de impermeabilização.....	78
Quadro 24. Categoria VI, seus indicadores e determinados pesos.....	79
Quadro 25. Determinação do valor normalizado relativo à concentração dos vários poluentes avaliados	80
Quadro 26. Calculo para os níveis de iluminância médios anuais através de iluminação natural	83
Quadro 27. Calculo da media da tarifa das faturas para a eletricidade	88
Quadro 28. Calculo da media anual do consumo de eletricidade do museu	88
Quadro 29. Dados dos consumos energéticos da prática convencional.....	89
Quadro 30. Quantificação dos custos de operação associados ao consumo de água	90
Quadro 31. Quantificação do custo anual associado ao consumo de água para um edifício convencional	91
Quadro 32. Custos de operação do museu.....	92
Quadro 33. Práticas de referencia para os custos de operação	92
Quadro 34. Custos de ciclo de vida práticas de referência, e sua normalização	92
Quadro 35. Categoria C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior.....	93
Quadro 36. Categoria C2-Uso do solo e biodiversidade	93
Quadro 37. Categoria C3-Energia.....	94
Quadro 38. Categoria C4- Materiais e resíduos sólidos.....	94
Quadro 39. Categoria C5- Água.....	95
Quadro 40. Categoria C6-Conforto e saúde dos utilizadores.....	95
Quadro 41. Categoria C7-Accessibilidade.....	96
Quadro 42. Categoria C8-Segurança	96
Quadro 43. Categoria C9-Custos de ciclo de vida	96

Quadro 44. Desempenhos atingidos nas categorias avaliados	96
Quadro 45. Dimensão D1-Ambiental.....	97
Quadro 46. Dimensão D2-Social.....	98
Quadro 47. Dimensão D3-Económica.....	98
Quadro 48. Quantificação do Nível de sustentabilidade (NS)	98
Quadro 49. Etiqueta sustentável atingida.....	99
Quadro 50. Calculo do Índice de acessibilidade a transportes públicos.	101
Quadro 51. Calculo do índice de acessibilidade.....	102
Quadro 52. Subdivisão das amenidades por classes	102
Quadro 53. Créditos a atribuir a cada amenidade de acordo com a respetiva classe e distância à porta principal do edifício	103
Quadro 54. Créditos obtidos pelas amenidades localizadas ao redor do museu	103
Quadro 55. C1- Sustentabilidade do local	104
Quadro 56. Nota de sustentabilidade enquanto à localização do edifício	104
Quadro 58. Consumos e tarifas de energia atuais.....	112
Quadro 59. Consumos e tarifas de energia com a proposta de melhoria	113
Quadro 60. Teor dos poluentes com a melhoria proposta	119
Quadro 61. Nível de conforto térmico na estação de arrefecimento	120
Quadro 62. Quantificação da produção eólica dum BORNAY Wind 25.3 de 5Kw no museu.....	121
Quadro 63. Cálculos para quantificar o depósito de águas pluviais com o método de Rippl.	134
Quadro 64. Comparação entre os desempenhos atingidos nas categorias antes e após das melhorias.	142
Quadro 65. Comparação entre os desempenhos atingidos nas dimensões antes e após das melhorias.....	143
Quadro 66. Comparação entre os desempenhos e níveis atingidos dos indicadores antes e após as melhorias	Erro! Marcador não definido.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento

Desde os inícios das civilizações o equilíbrio que a natureza apresenta é afetado pelas diversas criaturas que existem no mundo inteiro. Com o avanço dos séculos -em especial desde a revolução industrial no século XVIII - o homem vem evoluindo rapidamente em termos de tecnologia, infraestrutura, e economia, fazendo que o consumo dos recursos naturais - tais como água, terra, e energias não renováveis como o petróleo e o carvão - seja elevado e desmesurado. As alterações climáticas têm vindo a aumentar nos últimos anos, sendo o resultado destas diversas atividades realizadas pelo homem. Entre estas atividades, especificamente, encontra-se uma das que maior impacto produz que é a indústria da construção. Esta indústria utiliza atualmente cerca de 40% dos combustíveis fósseis, 30% da matéria-prima e um 25% da água consumidos anualmente no mundo (Soust-verdaguer, 2016). Adicionalmente, consome cerca de 30% da energia elétrica e gera 40% das emissões de gases de efeito estufa (Berardi, 2015). Porém, esta indústria tem o potencial de gerar grandes reduções com pequenas alterações nos modos de projetar e utilizar os edifícios, as quais poderiam atingir uma poupança de até 30% do consumo de energia, redução em 35% das emissões de CO₂ e diminuição do consumo de água até 50% (MONROY, 2014).

Este foco no setor da construção e seus impactos começou a surgir no final da década de 70 do século passado quando foi definido o conceito de sustentabilidade pela Comissão Mundial das Nações Unidas em Ambiente e Desenvolvimento (Wei, Ramalho and Mandin, 2015). Estas preocupações tiveram um grande impulso no início dos anos 90, na Europa e nos Estados Unidos, quando começaram surgir as primeiras certificações do nível de sustentabilidade dos edifícios através da utilização de métodos como, por exemplo, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*) (Wei, Ramalho and Mandin, 2015) no Reino Unido, a certificação HQE (*Haute Qualité Enviromentale*) na França, a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) nos Estados Unidos, e a BEPAC (*Building Environmental Performance Assessment Criteria*) no Canadá (Calixto, 2016). A partir dessa altura, a preocupação com a utilização eficiente de recursos durante o ciclo de vida dos edifícios,

passou, lentamente a integrar a lista de princípios a adotar pelos projetistas (Wei, Ramalho and Mandin, 2015).

Para tratar o tema de sustentabilidade nas construções, é necessário sublinhar que esta não abrange apenas pela parte ambiental, mas, também gera um impacto social e económico nas localidades onde as edificações serão feitas. O cálculo da sustentabilidade requer a aplicação de índices e técnicas reconhecidas e comprovadas, por isso optou-se por utilizar o sistema SBTOOL-PT, metodologia a qual foi desenvolvida pela Associação iiSBE Portugal, porém, este sistema avalia as edificações habitacionais, surgindo a necessidade de desenvolver metodologias próprias para outros tipos de edifícios, como por exemplo, os edifícios de serviços, e possibilitar assim a sua avaliação e rápida implementação de aplicação em todo o setor da construção, devido aos benefícios económicos e de marketing que as empresas e donos destes futuros “edifícios verdes” terão, pois além das poupanças que eles recebem diretamente, sua imagem frente ao compromisso ambiental e social será melhorada (Barbosa and Bragança, 2012).

Com a elaboração deste trabalho pretende-se estudar o manual de avaliação de sustentabilidade para edifícios de Serviços de SBTOOL-P, aplicando-o num Museu de Lisboa, o qual é avaliado e posteriormente otimizado. O estudo a desenvolver nesta dissertação promove e apoia o objetivo da Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável, de tornar Portugal num dos países mais competitivos e atrativos da União Europeia, em termos de desenvolvimento económico, ambiental e de responsabilidade social, e procura atingir a estar nos primeiros vinte países do Índice de Desenvolvimento Humano do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (OLIVEIRA, 2013). Devido ao facto de não existirem estudos prévios, que discutam em detalhe os princípios e soluções a implementar para melhorar o nível de sustentabilidade dos edifícios de serviços em Portugal, este trabalho reveste-se de elevada importância, servindo de base para os projetistas que desejem conceber edifícios de serviços mais sustentáveis.

1.2. Objetivos

O objetivo principal desta investigação é avaliar o nível de sustentabilidade de um edifício de serviços em Lisboa, e apresentar propostas que resultem na otimização do nível de sustentabilidade obtido através da utilização do módulo orientado para edifícios de serviços da metodologia SBTOOL-PT. Esta ferramenta permite comparar o desempenho dos edifícios em

avaliação com o desempenho de um edifício convencional em Portugal, ao nível de uma série de indicadores de sustentabilidade, distribuídos pelas seguintes categorias de sustentabilidade: ambiental, económica, social e a sustentabilidade do local.

A fim de atingir o objetivo principal, propõem-se os seguintes objetivos específicos:

- I. Analisar e levantar a situação atual do edifício em estudo.
- II. Avaliar o nível de sustentabilidade do edifício, aplicando a metodologia SBTOOL-PT para edifícios de serviços.
- III. Identificar os pontos fortes e fracos da avaliação, no sentido de identificar os indicadores a melhorar.
- IV. Estudar as propostas de melhoria dos indicadores escolhidos.
- V. Avaliar a viabilidade das propostas procurando o aperfeiçoamento da sustentabilidade do edifício.
- VI. Apresentar e analisar o conjunto de medidas a implementar na melhoria do nível de sustentabilidade do edifício.

1.3.Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em seis capítulos. De seguida apresenta-se a organização destes e uma breve apresentação do conteúdo de cada capítulo

- I. O primeiro capítulo consiste numa breve introdução ao trabalho desenvolvido, a qual inclui um enquadramento geral da temática estudada, a definição dos objetivos do trabalho e uma apresentação da estrutura da Dissertação.
- II. Para efetuar um estudo correto sobre a avaliação da sustentabilidade, é necessário entender o contexto em que surgiu, no capítulo 2 dá-se conhecer o conceito de desenvolvimento sustentável, revendo os principais marcos para a sua afirmação num contexto global, bem como a evolução histórica do mesmo, e depois são apresentados os métodos mais conhecidos ao nível internacional e português, exibindo as particularidades entre eles, e por último apresentam-se exemplos de medidas introduzidas em casos de estudo de edifícios de serviços.
- III. No terceiro capítulo é apresentada a metodologia que se seguiu para a elaboração da respetiva dissertação, metodologia SBTOOL-PT, sendo explicada no anterior capítulo, mas para edifícios para residenciais, abordando assim neste capítulo a parte para

edifícios de serviços, explicando como esta metodologia faz para calcular o desempenho ambiental duma edificação, descrevendo as categorias e indicadores que são calculados.

- IV. No quarto capítulo apresenta-se o caso de estudo, com uma breve introdução e descrição do edifício, seguido da explicação e apresentação dos cálculos e análises feitos na avaliação do desempenho ambiental do caso de estudo, utilizando a metodologia SBTOOL, depois serão apresentadas as medidas que permitem otimizar o nível de sustentabilidade do edifício em estudo, comparando o edifício antes e após a otimização, apresentando todos os resultados obtidos.
- V. No quinto capítulo, são apresentadas todas as conclusões que a elaboração da dissertação permitiu obter, principalmente no que diz respeito aos impactes ambientais, sociais e económicos do edifício, antes e após as medidas de otimização adotadas.

2. ESTADO DA ARTE

2.1. Edifícios de serviços

Conforme no escrito anteriormente, a construção tem um forte impacto nas localidades, portanto procura-se diminuir este impacto, especialmente em termos ambientais. Por isso é necessário destacar que estes impactos dependem do tipo de edifício que é analisado, pois os materiais, desenhos, e requerimentos variam de acordo a sua utilização, existindo grandes diferenças entre os edifícios residenciais e de serviços. Por um lado, existem os edifícios residenciais: Apartamentos e moradias. E também existem os edifícios que albergam grandes quantidades de pessoas, como por exemplo: hotéis, residências, mosteiros, etc., estes edifícios são incluídos entre os edifícios de serviços. E existem os outros edifícios de serviços ou terciários, os quais não albergam pessoas mas desenvolvem atividades humanas, por exemplo: escritórios, escolas, universidades, hospitais, comerciais, restaurantes, museus, exposições, igrejas, edifícios governamentais, etc.(Neumann, Millán and Aumente, 2005).

Seguindo um estudo recente da IDAE em 2004, na Espanha os edifícios residenciais consomem um 15% de energia, enquanto os de serviços consomem um 8.5% da mesma, somando um 23,5% do total de energia. Ao nível europeu, o setor residencial consome 26,2% e o setor de serviços consome um 11,6%, somando um 37,8% do total da energia consumida na Europa, ratificando o grande consumo que faz a construção e a importância na continuação do estudo da sustentabilidade na construção (Neumann, Millán and Aumente, 2005). Conforme ao mesmo estudo na Espanha o setor de serviços apresenta um crescimento em 10% no consumo energético, tendo como principais fatores a climatização dos novos edifícios e em menor medida a iluminação dos mesmos, na Figura 1 mostra-se a distribuição do consumo energético do setor de serviços na Espanha.

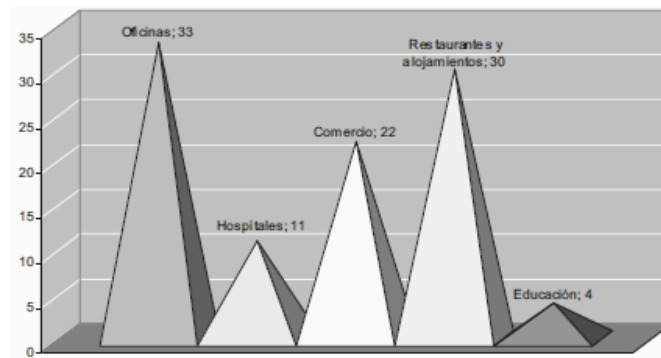


Figura 1. Distribuição percentual do consumo energético no setor de serviços na Espanha, ano 2000.(Neumann, Millán and Aumente, 2005)

2.2.Desenvolvimento sustentável

2.2.1. História da construção sustentável

A população mundial têm aumentado dramaticamente nas últimas décadas, atingindo os 6 bilhões no ano 1999, tendo uma diferença de 4 bilhões no menos de 80 anos, pois eram apenas 2 bilhões no 1927, prevendo-se que a população no 2028 seja de 8 bilhões (Barbosa and Bragança, 2012). Este aumento desproporcionado na população é uma das causas principais dos câmbios climáticos os quais estão ligados ao consumo excessivo dos recursos naturais renováveis e não renováveis.

A sustentabilidade estuda o desenvolvimento da humanidade na interligação de três dimensões, a dimensão económica, que é a mais difundida ao longo do tempo, a dimensão ambiental e a social, sendo necessário definir prioridades na mesma construção sustentável que tem características tais como: boas condições de higiene e segurança, diminuir os custos, economizar recursos, maximizar a durabilidade, minimizar a produção de resíduos, utilizar matérias eco eficientes e com baixa energia incorporada, diminuir o peso e planejar a manutenção e conservação do edifício, entre outras (Meneses, 2010).

Em consequência a esta problemática mundial, na década de 70 do século XX, que começaram a surgir relatórios concluindo que se não é controlado o aumento da população e seu consumo de recursos, o planeta Terra não suportaria a pressão sobre os mesmos. Mais especificamente o relatório elaborado pela MIT (Massachusetts Institute of Technology), intitulado “Os limites do crescimento” abordando temas para o futuro desenvolvimento da humanidade, como por

exemplo: a água, poluição, saneamento, saúde, ambiente e crescimento da população (Leal, 2010). Posteriormente, em 1972, foi realizada em Estocolmo a 1ª Conferencia das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento, dando origem ao programa das Nações Unidas para o Meio ambiente (UNEP – United Nations Environment Programme) (Leal, 2010). Tendo como objetivo principal promover o uso adequado e o desenvolvimento sustentável. Em 1988, Bruntland definiu o desenvolvimento sustentável ou sustentabilidade como “a procura para suprir as necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das futuras gerações satisfazerem as suas próprias necessidades”(Ferreira, 2009).

Mesmo assim, somente até o ano 1992 foram estabelecidos princípios internacionais e nacionais para o desenvolvimento sustentável, durante a Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento no Rio de Janeiro, onde foi elaborada a Agenda 21, documento que sistematizou um plano de ações orientadas criando condições mínimas necessárias para as novas construções, tanto para os países desenvolvidos como nos países não desenvolvidos (Calixto, 2016). Depois aconteceram uma serie de sucessos importantes os quais transformaram e evoluíram a trajetória da construção sustentável, estes sucessos apresentam-se na Figura 2.



Figura 2. Cronologia Relevante das pessoas, eventos e acordos que construíram a trajetória da construção sustentável. (Informação tomada dos autores:(Mateus, 2009; Calixto, 2016))

2.3. Planos de ação e estratégias em Portugal

2.3.1. Estratégia 2020

Lançado em 2010 para os dez seguintes anos, a estratégia 2020 procura atingir os seguintes objetivos em relação às alterações climáticas e a sustentabilidade energética: i) reduzir as emissões de gases com efeito de estufa em 20% relativamente aos níveis registados em 1990; ii) gerar um 20% da energia total a partir de fontes renováveis; e por último, iii) aumentar em 20% a eficiência energética dos edifícios. No ano 2011, às emissões de gases de efeito de estufa foram reduzidas 16% em relação ao ano de 1990, e foi gerado um 13% da energia total a partir das fontes renováveis (Teixeira, 2015)¹.

Outras medidas foram adicionadas ao plano dos 20-20-20, procurando melhorar a eficiência energética de Portugal. Em primeira instância pretende-se aumentar o consumo energético com base em energias renováveis para 45%; a segunda medida consiste em aumentar para 10% a utilização de biocombustíveis nos transportes e substituir entre 5% a 10% do carvão utilizado nas centrais de Sines e do Pego por biomassa ou resíduos, a última medida a implementar é diminuir o consumo total de energia em 10% para o ano 2015.

2.3.2. Plano Nacional De Ação para a eficiência energética 2016

Este plano prevê uma poupança de energia de 8,2%, cifra próxima da meta estabelecida pela União Europeia de 9% até o ano 2016. O PNAEE 2016 abrange seis áreas: transportes, residencial e serviços, indústria, estado, comportamentos e agricultura. Além, para o ano 2020 espera-se que ao nível europeu, Portugal possa atingir a meta de 20% de redução do consumo energético, cifra que no 2013 executou num 44% da sua totalidade.

2.3.3. Plano Nacional de Ação para as Energias Renováveis

Este plano foca-se em três ramos, eletricidade, transporte, e a ultima, aquecimento e arrefecimento, sendo o principal objetivo gerar um 60% de energia com base em fontes renováveis. Outra área relevante do PNAER é a área do aquecimento e arrefecimento, onde pretend6yjmkkke-se reforçar medidas de apoio ao solar térmico, promover a utilização de

¹ Os parágrafos referentes ao índice 2.3. foram feitos em base ao texto do autor citado.

sistemas a base de biomassa para o aquecimento e prever incentivos à instalação de bombas de calor de alta eficiência.

2.4. Métodos de avaliação da sustentabilidade na construção

Após as conferências mundiais surgiu a necessidade de desenvolver métodos e ferramentas que permitam o estudo do desempenho sustentável das edificações, pois os países que estavam a implementar projetos com melhor desempenho ambiental não tinham meios para verificar suas melhoras, obtendo situações onde as construções ecológicas consumiam mais energia do que as convencionais. Para isto, as ferramentas ou métodos têm que ter em conta basicamente os indicadores a seguir: consumo de materiais não renováveis, energia, água, produção de resíduos, e emissões; procurando cumprir o objetivo da sustentabilidade de otimizar a eficiência do edifício, preservando a identidade cultural do local onde foi implantada a edificação, minimizando o consumo energético e dos recursos não renováveis, e utilizando materiais eco eficientes (reutilizáveis, renováveis, recicláveis). Desta forma torna-se necessário desenvolver metodologias para padronizar a sustentabilidade da construção de um modo global, permitindo analisar e comparar varias soluções com objetivo de melhorar ainda mais o desempenho ambiental das edificações (Leal, 2010; Meneses, 2010; Calixto, 2016; Macedo, Rodrigues and Tavares, 2017)².

Os sistemas de avaliação ambiental podem ser divididos em duas categorias:

a) A primeira categoria é definida pelas ferramentas que promovem a construção sustentável através de estratégias de mercado. Estes sistemas foram desenvolvidos para serem facilmente implementados por projetistas e pelo mercado em geral, por tanto, têm uma estrutura mais simples, formatada normalmente como uma lista de verificação, pretendendo demonstrar os esforços dispensados para melhorar a qualidade ambiental dos projetos de execução e gestão operacional, obtendo um tipo de certificado em função do seu desempenho. Uns exemplos destas ferramentas são o Building Research Establishment Environmental Assessment Method – BREEAM, o Leadership in Energy and Environmental Design – LEED, o CASBEE, entre outros.

² Todos os parágrafos referentes ao índice 2.4. foram feitos em base aos textos dos autores citados.

b) Na segunda categoria encontra-se os sistemas orientados para a pesquisa e investigação, centrados no desenvolvimento metodológico e a fundamentação científica, um exemplo é o Green Building Challenge – GBC.

A seguir são apresentados os métodos existentes mais reconhecidos e utilizados atualmente ao nível Internacional e Português.

2.4.1. Métodos utilizados internacionalmente

Atualmente existem ferramentas as quais não são obrigatórias legalmente, mas sensibilizam e ajudam a impulsionar a sustentabilidade nas entidades construtoras. Países como França, Inglaterra, Estados Unidos, Canadá, Austrália, e Japão, já implementaram ferramentas para a avaliação da sustentabilidade dos edifícios, sendo um apoio aos desenhos dos projetos e ao mesmo tempo avaliam sua pós-ocupação.

2.4.1.1. Building Research Establishment Environmental Assessment Method-BREEAM

O método BREEAM, foi desenvolvido no início dos anos 90 no Reino Unido, por investigadores do BRE - Building Research Establishment. Desde sua criação tornou-se mais versátil, sendo um dos sistemas de avaliação mais difundidos, com 200.000 edifícios certificados e mais de 1.200.000 em processo de certificação, além de expandir-se geograficamente em vários países.

A avaliação com esta ferramenta tem em conta as seguintes categorias de sustentabilidade: água, energia, materiais, saúde e bem-estar, gestão, transporte, resíduos, contaminação e a utilização do solo; cada desempenho é comprovado, comparando-os com *benchmarks* pré-estabelecidos, obtendo assim a avaliação do edifício. O processo da avaliação do edifício transcorre por avaliadores formados pelo BRE, os quais são responsáveis por especificar os critérios e métodos de avaliação e pela garantia da qualidade de todo o processo. Este sistema é atualizado regularmente a cada 3 a 5 anos, para beneficiar-se dos avanços obtidos através de pesquisas, e assim refletir a experiência acumulada e alterações nas prioridades de regulamentações e do mercado, garantindo a contínua melhora e sua eficiência e excelência no momento da avaliação. O BREEAM pode ser usado virtualmente em qualquer tipo de construção, tais como escritórios, unidades industriais, edifícios residências, e hospitais. Graças

às múltiplas versões existentes desta ferramenta, cada uma desenvolvida especificamente de modo a adaptar-se ao edifício em avaliação, as versões são:

- BREEAM Multi-residential- Para habitações uni ou plurifamiliares.
- BREEAM offices – Para edifícios de escritórios.
- BREEAM Eco Homes- Casas ecológicas.
- BREEAM Retail – Espaços comerciais.
- BREEAM industrial – Indústrias e unidades fabris.
- BREEAM Healthcare – Unidades de saúde.
- BREEAM Education – Escolas.
- BREEAM International – Com adaptações a outros países.
- BREEAM Bespoke – Para os restantes edifícios que não se incluem nos métodos citados anteriormente.

Em cada uma das categorias mencionadas anteriormente são definidos requisitos, atribuindo créditos ao edifício, os quais são adicionados à medida que o edifício cumpre com estes. Por outra parte, em cada categoria são fixados pesos específicos sinalando a sua relevância e dependendo da tipologia de edifício a avaliar. Desta maneira, o conjunto de créditos e pesos das categorias conformam um índice de desempenho ambiental do edifício, este pode obter um valor entre zero e 100 (EPI). O processo global das ponderações para obter o EPI pode observar-se na Figura 3. De acordo com o EPI obtido, são atribuídos seis níveis de certificação, “Excelente”, “Ótimo”, “Muito Bom”, “Bom”, “Aprovado”, e “Sem classificação”, cada um dependendo dos pontos totais obtidos no índice de desempenho ambiental (Ver Figura 4).

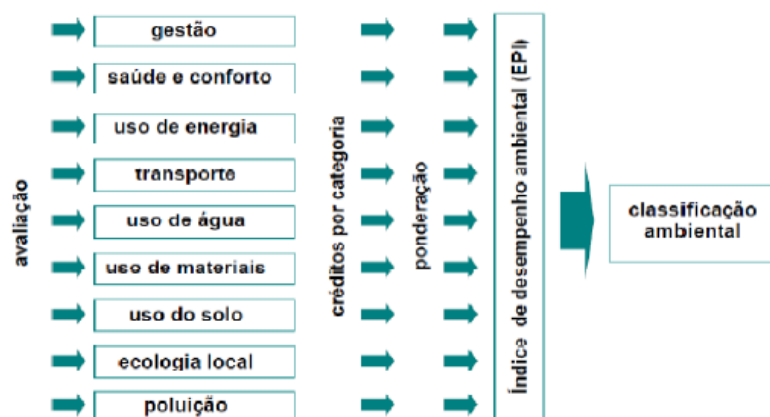


Figura 3. Esquema do processo geral de obtenção do índice de desempenho ambiental

(Meneses, 2010).

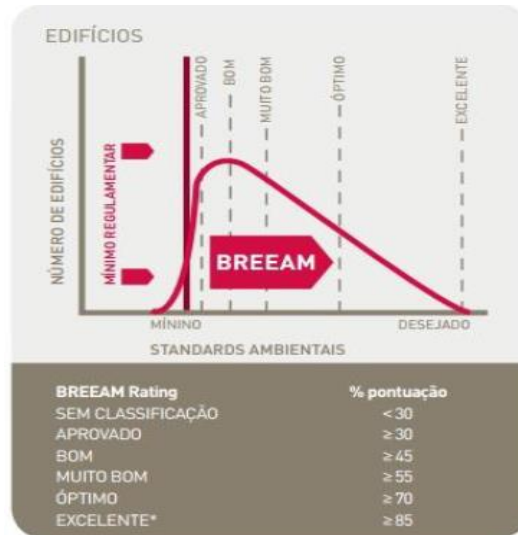


Figura 4. Classes da certificação BREEAM (Calixto, 2016).

2.4.1.2. Haute Qualité Environnementale des Bâtiments – HQE

Foi publicado no ano 1992, sendo só no início um termo de comparação do nível de sustentabilidade da construção, mas rapidamente foi convertido numa marca comercial pela AFNOR (*Association Française de Normalisation*) ligada a um método de avaliação, focando, no início, a avaliação só na eficiência energética e hídrica. Finalmente em 1996 foi formalizado como um método da avaliação da sustentabilidade, onde definiu a qualidade ambiental como *“qualidade ambiental do edifício e dos seus equipamentos e os restantes conjuntos de operação, de construção ou adaptação, que lhe conferem aptidão para satisfazer as necessidades de dar resposta aos impactos ambientais sobre o ambiente exterior e a criação de ambientes interiores confortáveis e são”*.

Os objetivos do HQE são: i) reduzir os impactos dos edifícios sobre o ambiente exterior, ao nível regional, local e global; e ii) criar um ambiente interior confortável e saudável para os utilizadores. A fim de cumprir os objetivos, o HQE divide-se em duas avaliações distintas, as quais são feitas em dois momentos diferentes da construção. A sua estrutura é subdivida em gestão do empreendimento – SMO (*Système de Management de l’Opération*) - e qualidade ambiental – QEB (*Qualité Environnementale du Bâtiment*) – que avaliam as fases do projeto de execução e uso, cada qual com uma certificação independente.

O sistema de avaliação existe para diferentes tipologias de edificação tais como: Escritórios e edifícios de educação, comercio, hotelaria, estabelecimentos de saúde, logística, instalações desportivas e residenciais.

A metodologia utilizada para a avaliação é composta por quatro grupos de avaliação, que no total representam catorze categorias como apresentado no seguinte gráfico.

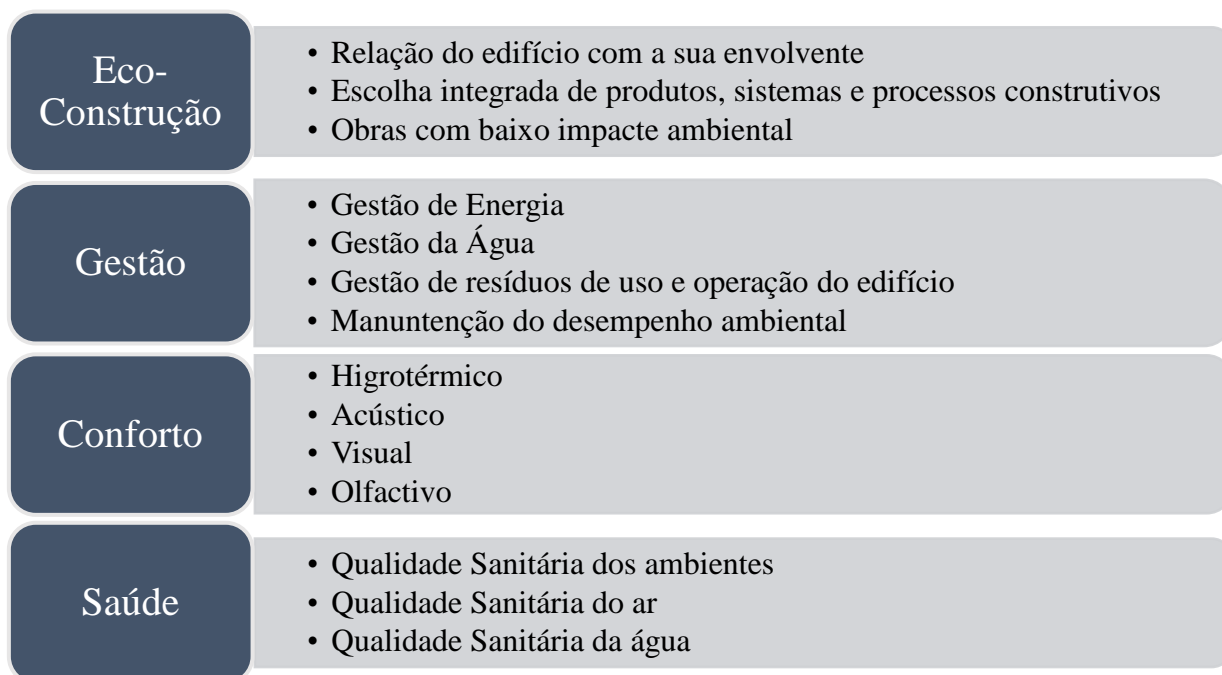


Figura 5. Categorias e áreas de avaliação do sistema HQE.

No final a pontuação está definida num sistema de três níveis de desempenho, o nível máximo “três Performant”, que representa os melhores níveis de desempenho que podem ser obtidos, o nível medio “Performant”, e o nível mínimo “Base”, que corresponde às boas praticas convencionais. Estes níveis são obtidos por pontuações em cada uma das 14 categorias e suas subcategorias. Para obter a certificação HQE é obrigatório ter pelo menos quatro itens com classificação nível medio, e pelo menos três itens de nível máximo.

2.4.1.3. Leadership in Energy and Environmental Design - LEED

Desenvolvido pelo U.S. Green Building Council (USGBC) em 1994, nos Estados Unidos da América, sendo o sistema de avaliação da sustentabilidade mais utilizado nesse país, mas também, um dos sistemas mais reconhecidos mundialmente, sendo aplicado em mais de 40 países devido a sua flexibilidade para qualquer tipo de construção ou comunidade. Atualmente está presente em mais de 40 países diferentes, sendo objeto de múltiplas atualizações.

Neste método o desempenho ambiental do edifício é avaliado de forma integral, ao longo de todo o seu ciclo de vida, ou seja, nas fases de projeto, construção, operação e manutenção. A ferramenta LEED aplica-se em vários tipos de edificação, tais como residências, comerciais, escolas, entre outros, como pode observa-se na Figura 6. Para que um edifício seja avaliado deve cumprir um critério mínimo exigido, uma pré-seleção com uma serie de requisitos. Depois desta verificação, o edifício torna-se elegível e inicia-se a etapa de análise e avaliação do desempenho do mesmo.

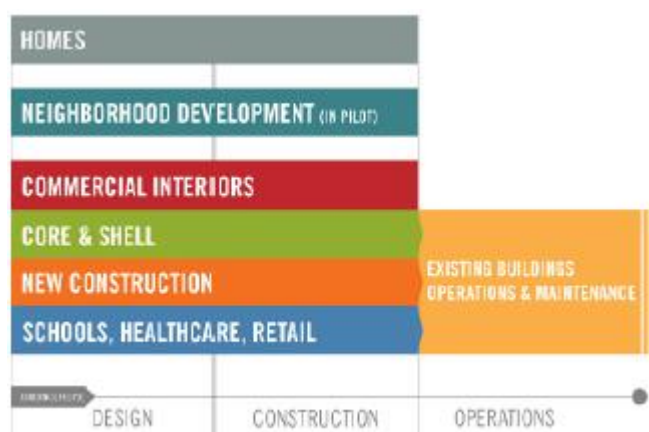


Figura 6. Tipos de edifício e suas possíveis fases de avaliação em LEED (Meneses, 2010)

Este é um sistema baseado em pontos, somando pontos por critérios específicos em cinco diferentes categorias: Locais Sustentáveis, Eficiência da Água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, e Qualidade Ambiental Interna. Estas categorias no total somam 100 pontos, mas existem duas categorias adicionais como bonificação, a categoria de Inovação em Design, com 6 pontos, e a Prioridade regional com 4 pontos (Ver Figura 7).



Figura 7. Categorias da avaliação do sistema LEED (Council, 2018)

Os pontos da avaliação só podem ser atribuídos se o edifício cumpre com os requisitos do sistema, no final, com a somatória destes pontos, pode-se atribuir uma classificação ao edifício, entre quatro certificações possíveis, a básica, prata, oro e platino. Na Figura 8 pode observa-se as classificações e seus respectivos intervalos de pontuação.



Figura 8. Certificações e suas respectivas intervalos de pontuação (LEED, 2010)

2.4.1.4. Green Building Challenge - GBC

Surgiu com o objetivo de desenvolver um método diferente de avaliação do desempenho ambiental de edifícios. Sua base tem a capacidade de respeitar diversidades técnicas e regionais. É caracterizado por ciclos sucessivos de pesquisa e difusão de resultados. Foi financiado pelo governo do Canadá na sua primeira fase de desenvolvimento, atraindo 15 países numa conferência internacional em Vancouver em 1998. A segunda fase deste projeto teve a participação de 19 países sendo um dos principais temas da conferência *Sustainable Buildings* no ano 2000. Após a segunda fase a responsabilidade passou a ser do iiSBE (International Initiative for Sustainable Built Environmental) alterando seu nome para SB TOOL.

Este sistema avalia o desempenho ambiental e energético de diferentes tipologias de edifício. Além. Permite aos utilizadores alterar muitos dos indicadores introduzidos, de acordo com o tipo (residencial, comercial, de escritórios, etc.) e seu estado (em projeto, construção ou renovação), tendo em conta a região onde este se localiza. O GBC é um sistema de medida preciso, comum e aplicável universalmente, devido a que foi concebido para ser aplicado em vários tipos de edifícios, regiões, tendo diferentes práticas de construção. Custos de energia, escolhas de matérias e expectativas de desempenho.

São avaliadas sete categorias para o desempenho ambiental, cada uma compreende umas áreas de desempenho, as quais definem o desempenho global do edifício em estudo, estas categorias e áreas são apresentadas na Figura 9.

A pontuação é obtida segundo uma escala de desempenho, com um intervalo de valores de -2 a +5, sendo zero o desempenho de referencia ou convencional. Este sistema avalia critérios qualitativos e quantitativos, introduzindo também valores negativos. Os resultados são apresentados mediante gráficos parciais para cada categoria em estudo, e também um gráfico para o desempenho global do edifício.

Recursos	<ul style="list-style-type: none"> •Energia •Água •Solo •Materiais
Cargas ambientais	<ul style="list-style-type: none"> •Emissões •Efluentes •Poluição ilumino-térmica •Resíduos sólidos
Qualidade do Ambiente Interior	<ul style="list-style-type: none"> •Qualidade do ar •Ventilação •Conforto higrotérmico
Qualidade dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> •Flexibilidade •Adaptabilidade •Controlo do utilizador •Espaços externos •Impacto na envolvente
Aspectos Socioeconómicos	<ul style="list-style-type: none"> •Custo de vida útil •Custo de construção •Custo de manutenção
Gestão pré-ocupação	<ul style="list-style-type: none"> •Planeamento da construção •Verificação •Pré-entrega •Planeamento de operações
Aspectos culturais	<ul style="list-style-type: none"> •Cultura •Património

Figura 9. Categorias e áreas de avaliação do GBC



2.4.1.5. Comprehensive Assessment System of Building Environmental Efficiency - CASBEE

É o sistema de avaliação de desempenho ambiental mais frequente no Japão, mesmo país onde foi desenvolvido. Sua avaliação é feita de forma diferente, diferenciando os edifícios novos, dos edifícios já existentes.

O CASBEE não é somente uma ferramenta de avaliação, é uma composição feita por quatro ferramentas, procurando que o utilizador avalie o edifício ou projeto nas diferentes etapas do ciclo de vida, estas ferramentas são divididas em duas categorias:

1. A primeira categoria é aplicável a edifícios novos, compõe-se pelas ferramentas seguintes:
 - Ferramenta para a fase de pré-projecto, destina-se a proprietários engenheiros e arquitetos, tendo como objetivo a identificação do contexto base do projeto, particularmente do impacto ambiental que o edifício terá.
 - A segunda ferramenta é o DFE (Design for Environment), destinado para projetistas e construtores, é um instrumento que procura que seja melhorada a eficiência ambiental do edifício fazendo uma autoavaliação durante a fase de projeto.
2. A segunda categoria diz respeito ao parque edificado existente, as ferramentas apresentam-se a seguir:
 - Ferramenta de certificação ambiental que se destina aos proprietários, projetistas, construtores e agentes imobiliários, onde classifica os edifícios existentes segundo a sua eficiência ambiental e determina o valor base de mercado do edifício certificado.
 - Ferramenta de avaliação pós-projeto, é destinada a proprietários, projetistas, operadores e gestores, seu objetivo é recolher informações para melhorar a eficiência ambiental do edifício durante a fase de operação.

Depois da análise, se observa a existência de dois pontos fundamentais no sistema de avaliação: O primeiro é a definição de limites do edifício analisado e o segundo é o levantamento entre impactos positivos e negativos avaliados ao longo do ciclo de vida do edifício. Estas ferramentas podem ser aplicadas a edifícios de escritórios, escolares e residenciais.

Uma proposta do CASBEE é aplicar um conceito de ecossistemas fechados para determinar a capacidade ambiental relacionada com o edifício avaliado, relacionando o ambiente no lote do

edifício privado e o ambiente exterior. Para isto o CASBEE define dois fatores, “L” e “Q”, sendo “L” as cargas ambientais onde estão incluídos impactos negativos que se estendem para fora do espaço privado e “Q” a qualidade ambiental do edifício dentro do espaço privado (Ver Figura 10). Para relacionar os dois fatores, o CASBEE cria um indicador de eficiência ambiental do edifício BEE (Building Environmental Efficiency).

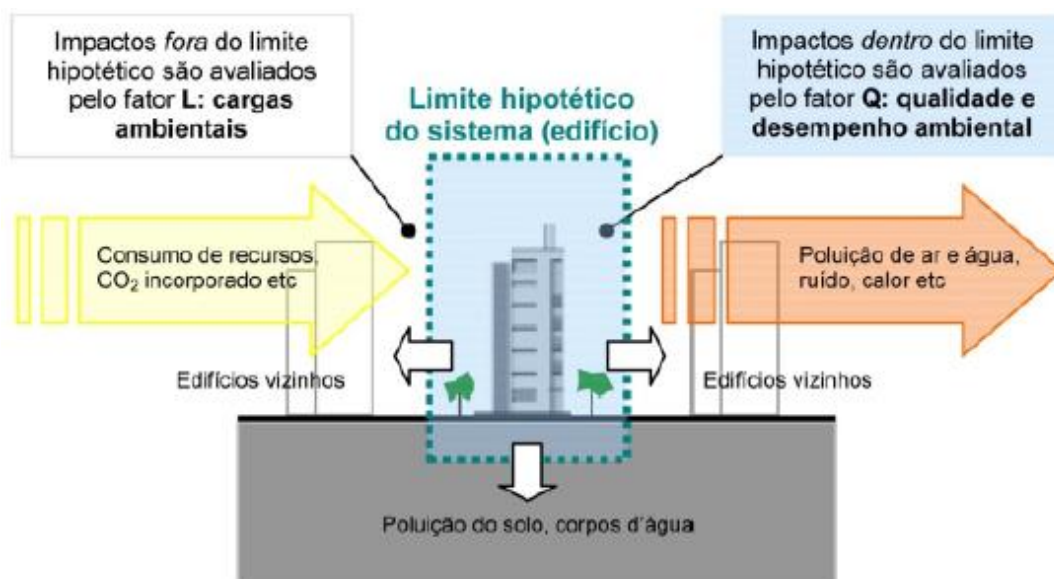


Figura 10. Estrutura conceptual do CASBEE. (Leal, 2010)

A estrutura e resultados do CASBEE derivam da GBTOOL, sendo exemplo do cumprimento do GBC, na medida em que fornecem uma base sólida para orientar o desenvolvimento de avaliação ambiental locais.

Os resultados são de forma quantitativa numa escala de zero a cinco, tendo em conta que a classificação do edifício se baseia no indicador BEE (Building environmental efficiency) que resulta do quociente entre Q (qualidade e desempenho ambiental do edifício) e L (cargas ambientais do edifício). As categorias e indicadores a avaliar pelo CASBEE observam-se na Figura 11.

O CASBEE classifica o desempenho do edifício em cinco níveis: S (Superior), A, B+, B-, e C, sendo S a melhor classificação possível pois obtém o melhor quociente BEE. Na Figura 12 e Figura 13 observa-se a maneira para obter a classificação do desempenho do edifício relacionando os fatores “Q” e “L”.

Q1: Ambiente interior	<ul style="list-style-type: none"> • Ruído e Acústica • Conforto térmico • Iluminação • Qualidade do ar
Q2: Qualidade dos serviços	<ul style="list-style-type: none"> • Funcionalidade • Durabilidade • Flexibilidade
Q3: Ambiente externo dentro do lote do edifício	<ul style="list-style-type: none"> • Manutenção e criação de Ecossistemas • Características locais e culturais
L1: Energia	<ul style="list-style-type: none"> • Carga térmica do edifício • Uso de energia natural • Eficiência dos sistemas prediais • Operação eficiente
L2: Recursos e Materiais	<ul style="list-style-type: none"> • Água • Materiais ecológicos
L3: Ambiente externo fora do lote do edifício	<ul style="list-style-type: none"> • Poluição do ar • Ruído e odores • Ventilação • Iluminação • Efeito de ilhas de calor • Carga na infra-estrutura local

Figura 11. Categorias e indicadores do sistema de avaliação CASBEE

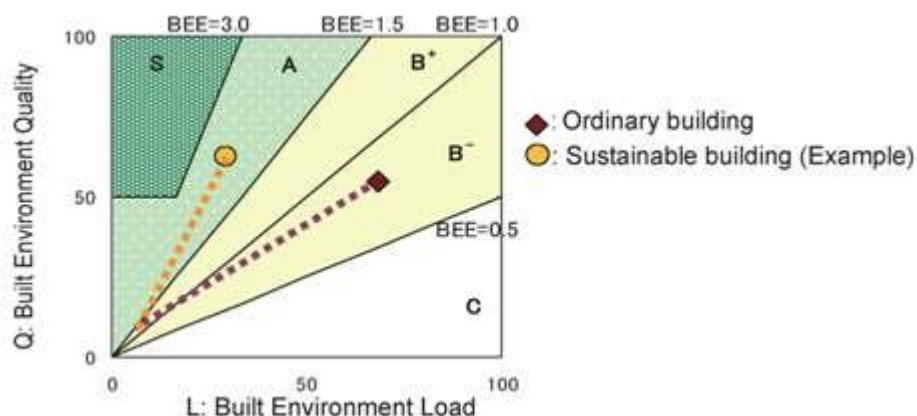


Figura 12. Relação dos fatores Q e L para obter o fator BEE e a classificação ambiental (JGBC, 2014)

Ranks	Valuation	BEE value, etc.	Indication
S	Excellent	BEE = 3.0 or more and Q = 50 or more	★★★★★
A	Very Good	BEE = 1.5-3.0 BEE = 3.0 or more and Q is less than 50	★★★★
B ⁺	Good	BEE = 1.0-1.5	★★★
B ⁻	Fairly Poor	BEE = 0.5-1.0	★★
C	Poor	BEE = less than 0.5	★

Figura 13. Quadro de relação do fator BEE e a classificação ambiental no CASBEE (IGBC, 2014)

2.4.2. Métodos utilizados em Portugal

Atualmente, em Portugal, a adoção de medidas práticas para o aumento da sustentabilidade no sector da construção tem aumentado pouco, em comparação com outros países. Existem atualmente três ferramentas que permitem o apoio à conceção e avaliação do nível de sustentabilidade das construções: o LiderA, o SBTOOL-PT e o ECO BUILD. Estas ferramentas começaram por estar orientadas para a escala dos edifícios, existindo métodos que podem ser aplicados à escala das áreas urbanas. A continuação se apresentam as duas ferramentas mais importantes de Portugal, o LiderA e o SBTOOL-PT.

2.4.2.1. Liderar pelo Ambiente - LIDERA

Este sistema foi desenvolvido em Portugal, pelo IST (Instituto Superior Técnico de Lisboa) no início dos anos 2000. Sua primeira versão surgiu em 2005, tendo sido desenvolvido por o Doutor em Engenharia do Ambiente Manuel Duarte Pinheiro. Esta primeira versão foi denominada como LiderA v1.02 e insidia preferencialmente no edificado e à sua respetiva envolvente. A segunda versão, LiderA v2.0, aumentou a aplicação do sistema, permitindo avaliar não só o edificado, mas também o ambiente construído, espaços exteriores, bairros e comunidades sustentáveis.

Este sistema tem grande versatilidade em relação aos outros sistemas, pois não se encontra orientado apenas para um tipo de construção e fase de avaliação. Permite avaliar uma determinada construção, ou construções, de qualquer tipo e possibilita avalia-lhes em qualquer fase de projeto ou construção, tornando-se uma ferramenta útil para otimizar e direccionar uma determinada construção conforme os objetivos da sustentabilidade.

Este método avalia as seguintes seis categorias: Integração Local, Consumo de Recursos, Cargas Ambientais, Conforto Ambiental, Vivência Sócio Económica, e o Uso sustentável. Em geral, todas as categorias têm quase a mesma importância, mas dá mais importância ao peso dos indicadores da energia, da água e do solo. Todas as categorias, áreas e indicadores de avaliação do sistema podem observa-se no Quadro 1.

Quadro 1. Categorias, áreas e indicadores de avaliação do sistema LIDERA

Categoria	Área	Parâmetros de Avaliação
Integração local	Solo	Valorização Territorial; Otimização ambiental da implantação
	Ecossistemas naturais	Valorização ecológica; Interligação de habitats
	Paisagem e Património	Integração Paisagística Local; Proteção e Valorização do Património
Recursos	Energia	Certificação energética; Desenho passivo; Intensidade em Carbono
	Água	Consumo de água potável; Gestão de águas locais
	Materiais	Durabilidade; Materiais locais; Materiais de baixo impacto
	Alimentares	Produção local de alimentos
Cargas Ambientais	Efluentes	Tratamento de águas residuais; Caudal de reutilização de águas usadas.
	Emissões Atmosféricas	Caudal de Emissões Atmosféricas-partículas e/ou substâncias com potencial acidificantes
	Resíduos	Produção de Resíduos; Gestão de resíduos perigosos; Reciclagem de resíduos
	Poluição lumino-térmica	Fontes de ruído para o exterior
Conforto Ambiental	Qualidade do Ar	Efeitos térmicos (Ilha de calor) e iluminosos
	Conforto Térmico	Conforto térmico
	Iluminação e acústica	Níveis de iluminação; Isolamento acústico/Níveis
Vivência socioeconómica	Acesso para todos	Acesso aos transportes Públicos; Mobilidade de baixo impacto; Soluções inclusivas
	Custos no ciclo de vida	Baixos custos no ciclo de vida
	Diversidade económica local	Flexibilidade - Adaptabilidade aos usos; Dinâmica Económica; Trabalho Local
	Amenidades e interação	Amenidades locais; Interação com a comunidade
	Participação e controlo	Capacidade de Controlo; Governança e Participação; Controlo das ameaças humanas - Segurança
Uso Sustentável	Gestão Ambiental	Condições de utilização ambiental; Sistemas de gestão ambiental
	Inovação	Inovações

O resultado da avaliação é estimado em confronto com um valor-chave. Esse resultado é inserido numa escala, que varia em sete níveis diferentes, entre A++ e G, sendo A++ o melhor, e o G o pior nível, onde E é a prática usual (Ver Figura 14).



Figura 14. Níveis de sustentabilidade do sistema LIDERA (Pinheiro, 2006)

2.4.2.2. Sustainable Building Tool Portugal - SBTOOL-PT

Por último, a metodologia SBTOOL, é uma metodologia de avaliação do desempenho ambiental baseada no método GBTOOL (*Green Building Assessment Tool*), desenvolvida com a participação de vários países, procurando avaliar o desempenho dos edifícios a nível internacional. Existem versões na República Checa, na Itália, na Espanha, no Taiwan, na Coreia, no Canadá, e em Portugal. Em geral, o SBTOOL tem com base 7 categorias enunciadas a seguir: Qualidade de serviços, Socioeconómica, Aspetos culturais, Uso de Recursos, Gestão pré-Ocupação, Ambiente Interior, e Cargas Ambientais. Mas estas podem variar dependendo do país e das suas necessidades e relevâncias. O SBTOOL-P foi desenvolvido pelo iiSBE (International Initiative for Sustainable Built Environment) e a Universidade do Minho, o principal objetivo é avaliar a sustentabilidade de um edifício, reunindo informação para a toma de decisões durante as diferentes fases de construção, conceção e utilização do edifício (Mateus and Bragança, 2011).

Esta ferramenta tem múltiplas características, entre as quais destacam-se:

- Os resultados são avaliados a nível internacional pela iiSBE.
- Foi desenvolvido e adaptado ao contexto português por uma equipa com créditos reconhecidos no domínio da construção sustentável.
- A avaliação considera o desempenho dos edifícios ao nível das três dimensões do desenvolvimento sustentável: ambiental, social e económica.
- Apresenta uma lista otimizada de indicadores.
- Encontra-se assente num conjunto de indicadores e critérios de avaliação de objetivos, tendo a vantagem de obter resultados iguais quando com diferentes utilizadores.

- Apresenta um módulo específico para cada tipo de edifícios: Habitação, serviços, hospitais, etc.
- A sua utilização é diretamente para as entidades envolvidas no projeto, porém, pode ser utilizada pelos próprios clientes, conseguindo que todos os intervenientes sejam sensibilizados para a necessidade de otimização ambiental e energética de um edifício.

Foram definidas três dimensões para uma completa avaliação da sustentabilidade, a dimensão ambiental, social e a económica e nove categorias de sustentabilidade: Alterações climáticas e qualidade do ar exterior, Uso do solo e Biodiversidade, Eficiência energética, Materiais e resíduos sólidos, Água, Conforto e saúde dos utilizadores, Acessibilidade, Sensibilização e educação para a sustentabilidade, e os Custos de Ciclo de Vida. Estas sete categorias estão compostas por 25 indicadores os quais são avaliados e classificados individualmente, que após a sua ponderação contribuem para a classificação final. Todos os indicadores a avaliar na metodologia SBTOOL para edifícios residenciais são apresentados no **Anexo I**.

Depois da quantificação dos indicadores os resultados são normalizados, com o fim de tornar adimensionais os valores dos indicadores, convertendo os valores entre a melhor prática e prática convencional, numa escala compreendida entre 0, sendo 0 o valor de referencia ou convencional, e 1 correspondendo a melhor pratica. A seguir apresenta-se um exemplo utilizando o parâmetro 8, quantidade de energia produzida localmente a partir de fontes renováveis, da categoria de Energia.

A melhor prática neste parâmetro refere-se a 53.93 kwh/m².ano, e a prática convencional tem um valor de 14.35. Pelo tanto a normalização de qualquer valor, neste caso utilizaremos um valor aleatório de 40 kwh/m².ano, será efetuada da seguinte maneira, tendo em conta que P_{ER}^* refere-se a melhor prática, P_{ER} refere-se a prática convencional, P_{ER} é o valor obtido da avaliação, e $\overline{P_{ER}}$ é o valor do resultado obtido normalizado

$$\overline{P_{ER}} = \frac{P_{ER} - P_{ER*}}{P_{ER}^* - P_{ER*}} = \frac{40 - 14.35}{53.93 - 14.35} = 0.65 \quad (1)$$

Assim são atribuídos valores qualitativos aos indicadores estudados, enquadrando os valores normalizados na seguinte tabela (Ver Figura 15)



Figura 15. Classificação qualitativa do SBTOOL- PT.(Mateus, 2009)

No final, com o peso de cada parâmetro e seu respetivo valor normalizado obtido, é possível obter uma classificação e valor para cada categoria, e da mesma maneira obter um valor para cada dimensão, e por ultimo com os pesos de cada categoria e os valores obtidos, vai obter-se o desempenho do edifício, este tal como os indicadores, vai estar classificado numa escala entre A+ até E, que no final vai ser o nível de sustentabilidade do edifício. No final, o desempenho sustentável do edifício é apresentado num certificado, onde é possível ver as características do edifício, a etiqueta de sustentabilidade e um resumo por categoria do seu desempenho (Ver Figura 16).



Figura 16. Certificado de sustentabilidade do SBTOOL- PT (Mateus, 2009).

2.5.Desenvolvimento de novas metodologias

A fim de melhorar a sustentabilidade no setor da construção, novos métodos de avaliação, novos princípios de projeto e novas tecnologias construtivas, têm vindo a ser criadas, executadas e apresentadas. Por exemplo, Zhang (Alshamrani, Galal and Alkass, 2014) desenvolveu uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade, a BEPAS. Esta ferramenta baseia-se na avaliação do ciclo da vida, tendo em conta três aspetos importantes num edifício, as instalações, os materiais e sua localização. Outro exemplo, na Colômbia, Castro-Lacouture propôs um modelo misto de otimização, que permite a identificação das soluções mais equilibradas em termos de minimização de custo e maximização dos créditos obtidos através do método LEED. Além disso, há pesquisas focadas nas necessidades locais, como é o caso do BCA Green Mark system, que foi criado em 2005 pela *Singapore Building and Construction Authority*, como o objetivo de promover a criação de construções, em Singapura, de menor impacto ambiental, dando especial importância à otimização da eficiência energética, uma vez que a maior parte da energia consumida em Singapura é proveniente dos países vizinhos (Rogmans and Ghunaim, 2016). Por outro lado, há pesquisas que são focadas em edifícios de serviços como, por exemplo, Pons e Agudelo apresentaram o MIVES (Integrated Value Model for Sustainable Assessment) (Alshamrani, Galal and Alkass, 2014) para procurar o menor impacto económico, ambiental e social para os centros educativos em Espanha (Alshamrani, Galal and Alkass, 2014). De igual modo, Othman, Khaled e Sabah (Alshamrani, Galal and Alkass, 2014) apresentaram um modelo integrado para a análise do ciclo de vida das escolas do Canadá com base no LEED. Tendo em conta três categorias: i) A energia e a atmosfera; ii) os materiais e recursos; iii) e o impacto ambiental do ciclo de vida.

2.6.Exemplos de medidas introduzidas em casos de estudo

Além dos novos métodos, princípios, e tecnologias apresentadas para melhorar a sustentabilidade, existem aplicações a casos de estudo, a seguir são apresentados uns exemplos já aplicados ao redor do mundo.

2.6.1. M&S Cheshire Oaks Store



Figura 17. Fotografia do M&S Cheshire Oaks Store. (Datta, 2012)

2.6.1.1. Localização, integração e biodiversidade

A Cheshire Oaks Store é um shopping localizado perto da cidade de Liverpool na Inglaterra, é a loja mais sustentável do Reino Unido, com mais de 148.000 m² de espaço para vendas em dois andares. Construído em agosto do 2012, trazendo consigo a criação de 350 novos postos permanentes de trabalho sendo um impacto positivo na comunidade. O M&S Cheshire Oaks Store foi avaliado pelo sistema **BREEAM**, que foi explicado anteriormente, atingindo uma classificação “**EXCELENTE**”, com uma pontuação de 74,68% esta edificação de 210,000 pies² é um bom exemplo de medidas de sustentabilidade em edificações de serviços (BREEAM ESPAÑA, 2012; Datta, 2012)³.

Há um impacto direto sobre o meio ambiente e seus frágeis ecossistemas. Os donos da obra reconhecem que devem proteger e, quando possível, melhorar os ambientes nos quais negociam. A biodiversidade é essencial para manter nossa qualidade de vida e um ambiente saudável. O contínuo desgaste da biodiversidade tem sérias consequências e sua proteção e melhoria são essenciais para alcançarmos um futuro sustentável. Em Cheshire Oaks, incentivar a biodiversidade local foi fundamental para todo o processo de construção. Para proteger a biodiversidade no local, foram tomadas as seguintes medidas:

- Além de proteger dois carvalhos maduros no local, plantaram 228 novas árvores, potencialmente absorvendo cerca de 800 toneladas de CO₂ no momento em que atingem a maturidade.

³ A informação respeito a loja M&S Cheshire Oaks foi obtida das fontes referenciadas.

- Casas de insetos foram feitas a partir de nossos painéis de madeira e pilhas de toras do FSC e são um ótimo complemento para a nossa área de jardim selvagem.
- As paredes de Gabião, foram construídas livres de argamassa e cimento e estão cheias de fendas que fazem casas perfeitas para uma variedade de insetos e plantas.
- 9 caixas para andorinhas foram instaladas em e mais 6 caixas de pássaros. Também mais de 20 caixas de pássaros e morcegos fora do local em escolas primárias locais.
- Têm agora 88 espécies de plantas individuais no local, como salgueiro branco e cereja selvagem.



Figura 18. Árvores plantados pela loja para reverter o impacto negativo (BREEAM ESPAÑA, 2012).

2.6.1.2. Eficiência Energética

O M&S Cheshire Oaks Store possui diversas características em termos de eficiência energética, oferecendo assim um bom desempenho nesta parte da sustentabilidade, a seguir apresentam-se as características mais importantes

- É a primeira e maior loja com emissão neutra de carbono ao ar, devido à sua elevada eficiência energética, atingindo um 42%, e produzindo 40% menos emissões de carbono do que uma loja com dimensões equivalentes.
- Em sua fase de construção foram instalados painéis de cânhamo e calcário, os quais estão parcialmente enterrados no solo com terra em torno do perímetro. Melhorando o isolamento do edifício, fazendo que a loja perca menos de 1°C de calor durante a noite, em comparação com 9 ° C em outras lojas (Ver Figura 19).
- Tem uma caldeira de biomassa fornece 72% do aquecimento do espaço para a loja.
- Maximizou-se a luz natural em toda a loja e se automatizou a iluminação do piso de vendas, que diminui as luzes quando possível. Isto é possível devido aos canos de sol que trazem iluminação natural para o chão, além, ar “fresco” é entregue aos pisos de

vendas através de colunas de ar de deslocamento e condutas subterrâneas de distribuição de ar (Ver Figura 20).

- Também se utiliza iluminação LED no estacionamento e espaços externos (VER Figura 21).

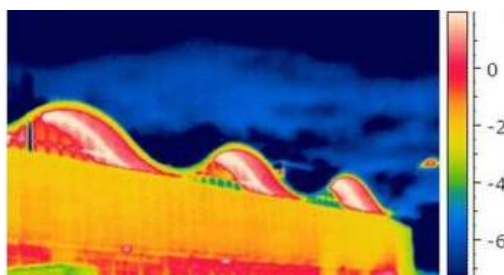


Figura 19. Mapa térmico da loja na fachada. (Datta, 2012)



Figura 20. Sistema de iluminação natural e ductos para a troca de ar na loja (BREEAM ESPAÑA, 2012).



Figura 21. Iluminação LED utilizada nos estacionamentos (BREEAM ESPAÑA, 2012).

2.6.1.3. Utilização eficiente de recursos

Na fase de construção todos os materiais utilizados foram selecionados cuidadosamente para diminuir o consumo de energia incorporada e os impactos ambientais. A maioria dos materiais são provenientes de fontes renováveis e até mesmo os materiais não renováveis incluíam uma

alta percentagem de conteúdo reciclado. A seguir apresenta-se exemplos dos materiais provenientes de fontes renováveis utilizados na construção da loja.

- A estrutura no primeiro andar é composta por mais de 1.400 m³ de madeira laminada, uma madeira ecológica que não só usa 1/5 da energia utilizada na produção típica de aço e 1/10 do betão, como também absorve CO₂. Melhor ainda, toda a madeira laminada usada foi 100% certificada pelo Conselho de Manejo Florestal. No geral, o contratante principal, o Grupo Simons, obteve a certificação completa do projeto FSC com 99,5% da madeira fornecida proveniente de fontes certificadas pelo FSC (Ver Figura 23). O teto é feito com glulam 100% certificado pelo FSC. Glulam é um tipo de madeira de fibra longa projetada, é tão forte quanto aço ou concreto, mas requer apenas uma fração do carbono para produzir.
- Os ladrilhos para os pisos contêm 40% de conteúdo reciclado e são totalmente recicláveis no final de sua vida útil. Também, o telhado branco, que utiliza 100% de alumínio e de vidro e garrafas recicladas (Ver Figura 22).
- As paredes exteriores foram construídas com a utilização de painéis pré-fabricados de cânhamo e cal, reduzindo até 350 toneladas de emissões de carbono (Ver Figura 24).



Figura 22. Telhado branco e ladrilhos para o pavimento utilizados na loja (BREEAM ESPAÑA, 2012).



Figura 23. Madeira laminada 100% certificada pelo conselho de Manejo Florestal (BREEAM ESPAÑA, 2012; Datta, 2012).



Figura 24. Painéis pré-fabricados com cânhamo e cal nas paredes externas (BREEAM ESPAÑA, 2012; Datta, 2012).

Ao nível de utilização da água foram adotadas algumas tecnologias e equipamentos que permitem reduzir a utilização de água potável, tanto no interior como no exterior do edifício:

- O edifício possui um coletor de 80000 litros, abastecendo os banheiros e a “parede viva” verde da loja, reduzindo os custos de água em até 40% em comparação com uma loja convencional de tamanho similar, o reservatório recolhe a água do telhado da loja e serve as paredes verdes, e as sanitas dos clientes e funcionários (Ver Figura 25).
- Foram instalados urinais sem consumo de água, sanitários de dupla descarga e torneiras de baixo fluxo.



Figura 25. Reservatório subterrâneo para o armazenamento e reutilização das águas pluviais (BREEAM ESPAÑA, 2012).

2.6.1.4. Qualidade dos ambientes interiores

- a. Enquanto a qualidade do ar interior, como já foi referido, a renovação do ar está dada por um sistema de colunas de ar de deslocamento e condutas subterrâneas de distribuição de ar, fornecendo a renovação de ar nos pisos de vendas, permitindo melhorar a qualidade do ar interior e minimizando a utilização de sistemas mecânicos de ventilação (Ver Figura 20).
- b. Maximizou-se a luz natural em toda a loja e se automatizou a iluminação do piso de vendas, que diminui as luzes quando possível. Isto é possível devido aos canos de sol que trazem iluminação natural para o chão (Ver Figura 20).
- c. Como já foi referido, na parte de isolamento térmico, foram instalados painéis de cânhamo e calcário, os quais estão parcialmente enterrados no solo com terra em torno do perímetro, fazendo que a loja perca menos de 1°C de calor durante a noite, em comparação com 9 ° C em outras lojas (Ver Figura 19). Além, para o aquecimento foi instalada uma caldeira de biomassa que fornece 72% do aquecimento do espaço para a loja.
- d. Enquanto ao isolamento acústico, os painéis de cânhamo e calcário cria altos níveis de isolamento acústico.

2.6.1.5. Minimização e gestão de resíduos

Todo o projeto de construção Cheshire Oaks enviou zero resíduos para o aterro, com 87,5% de todos os resíduos segregados no local. A gestão responsável dos recursos e um foco apertado

sobre a redução de resíduos foram cruciais para evitar enviar 1168 toneladas de resíduos ao aterro, porém, fez-se um grande esforço para evitar que materiais se tornaram resíduos. A seguir se apresenta as medidas tomadas com alguns desses materiais:

- Quase 55.000 toneladas, o que é suficiente para encher 30 piscinas olímpicas, de solo e argila que vieram do trabalho de escavação inicial foram reutilizadas numa variedade de projetos locais, como a reabertura de um campo de golfe municipal, nivelamento de um novo centro equestre, o nivelamento de uma pedreira contaminada e um parque MOTO-X.
- Os materiais foram reservados e anunciados em websites como o Freecycle, Gumtree e Recipro, para os membros da comunidade coletarem e usarem. Itens, incluindo paletes, tambores de cabo, troncos de carvalho e vigas de lambris estavam todos em disputa.
- Se reduziu a quantidade de pedra extraída, com 60% da pedra britada que foi utilizada proveniente de fontes alternativas, como resíduos de demolição de uma instalação de britagem local.
- Desde a inauguração, a loja visa minimizar seus resíduos através da reciclagem do 100% do desperdício de alimentos e desviar todos os outros resíduos do aterro. A loja promove ativamente esquemas de reciclagem para cabides e roupas. E eles encorajam todos aqueles que vêm nas visitas ao local a trazer um saco de roupas velhas para fazer suas compras quando visitarem a loja (Ver Figura 26).



Figura 26. Sorteios para a incentivação de reutilizar sacos para as compras (Datta, 2012).

2.6.1.6. Sensibilização e formação para a utilização sustentável

Criar bons relacionamentos com a comunidade local era parte importante do processo de construção da M & S Cheshire Oaks. Todo o projeto acabou por atingir uma pontuação de 38 dos 40 - esta é uma iniciativa nacional destinada a incentivar as melhores práticas para além dos requisitos legais. Construíram essas relações de várias maneiras:

- Construem relações com a comunidade, desde a criação de novos empregos na área até o fornecimento de fundos para criar uma área de recreação infantil, a 1,1 km da loja.
- No primeiro ano, a loja hospedou mais de 100 tours em grupo com mais de 1.000 membros da audiência pública sobre as credenciais ecológicas de Cheshire Oaks (Figura 28).
- Compraram 4 cães para guiar as pessoas com deficiência visual (Ver Figura 27).
- Existem 100 vagas para bicicletas, localizados no estacionamento, os quais foram feitos de madeira certificada pelo FSC e têm teto verde sedum (Ver Figura 30).
- Pontos de carregamento de carros elétricos estarão disponíveis no estacionamento e telas de LED na loja darão aos clientes informações de transporte local em tempo real (Ver Figura 29).



Figura 27. Bobby, Cheshire, Oaks, Spencer, os 4 cães que se compraram para ajudar as pessoas não videntes (Datta, 2012).



Figura 28. Sensibilização da sustentabilidade mediante tours guiados (Datta, 2012)..



Figura 29. Sítios para carregar os carros elétricos (Datta, 2012).



Figura 30. Estacionamentos para bicicletas com teto verde (BREEAM ESPAÑA, 2012).

2.6.2. California Academy of Sciences



Figura 31. Fotografia da Academia das ciências em San Francisco, Califórnia (CAS, 2018).

2.6.2.1. Localização, integração e biodiversidade

A Academia de Ciências da Califórnia é uma renomada instituição científica e educacional dedicada a explorar, explicar e sustentar a vida na Terra. Com sede no Golden Gate Park, em San Francisco, é o lar de um aquário de classe mundial, planetário e museu de história natural - tudo sob um telhado vivo. Suas instalações conquistaram as mais altas classificações do Green Building Council dos EUA por seu desenho e suas operações ecologicamente corretas, tornando a Academia o primeiro museu doble Platino do mundo e o maior edifício doble platino do mundo. A Academia recebeu sua primeira classificação LEED Platino na categoria “Nova construção” - cobrindo o processo de desenho e construção - e a segunda na categoria “Edifícios existentes: operações e manutenção”, certificando que as operações e práticas diárias se

encontram os mais altos padrões de sustentabilidade. Atingiu a classificação **LEED Platino**, obtendo uma pontuação de 82 de 100 possíveis (USGBC LEED, 2011; CAS, 2018)⁴.

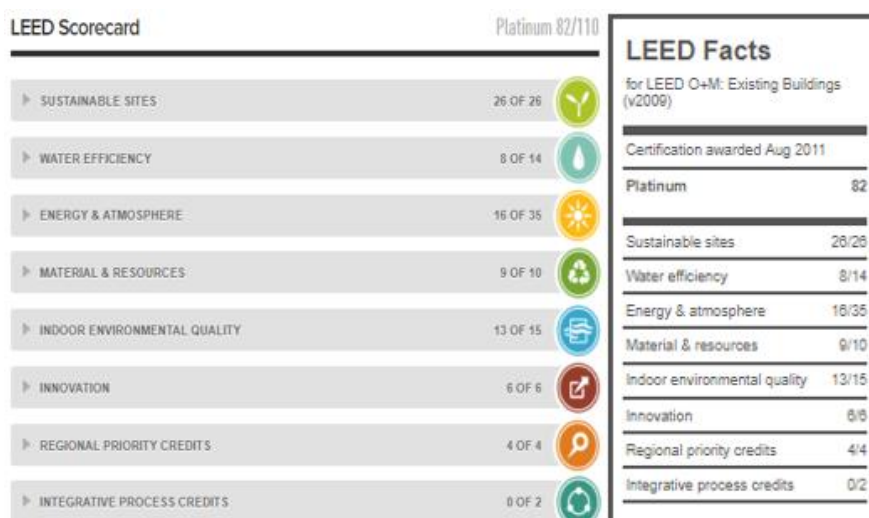


Figura 32. Resumo da pontuação obtida da avaliação feita por LEED (USGBC LEED, 2011).

Cercado por painéis solares, as sete colinas do telhado são revestidas com 50.000 bandejas de vegetação biodegradáveis e porosas, feitas de seiva de árvores e cascas de coco. Estima-se que 1,7 milhão de plantas preencham as bandejas, suas raízes entrelaçadas para criar um extraordinário oásis para pássaros, insetos, pessoas e outras criaturas. As plantas nativas, como morango de praia, fúcsia da Califórnia e dudleyas, fornecem o habitat e alimento necessários para pássaros, abelhas, borboletas e outros animais benéficos, somando-se à concentração mais densa de flores silvestres nativas em São Francisco.



Figura 33. Colinas do telhado verde da Academia, preenchidas por plantas nativas (CAS, 2018)

⁴ A informação respeito a Academia de ciências da Califórnia foi obtida das fontes referenciadas.

2.6.2.2. Eficiência Energética

A academia possui diversas características em termos de eficiência energética, oferecendo assim um bom desempenho nesta parte da sustentabilidade, a seguir apresentam-se as características mais importantes:

- A Academia usa 30% menos energia do que o código federal exige
- 70% Dos funcionários usam transporte alternativo (transporte público, ciclismo, caminhada) para ir ao trabalho. É fornecido estacionamento para bicicletas nas entradas da frente e de trás, bem como uma estação de recarga de carro elétrico na doca de carregamento
- O centro de dados foi reestruturado para poupar 166.000 kwh de energia por ano, apesar dum aumento de 52% na capacidade de computação.
- Um dossel solar ao redor do perímetro do telhado verde contém 60.000 células fotovoltaicas que fornecem quase 213.000 kwh de energia limpa por ano (pelo menos 5 por cento das necessidades de energia padrão da Academia) -e impede a libertação de mais de 405.000 libras de emissões de gases de efeito estufa anualmente (Ver Figura 34). Além da energia fotovoltaica no local, a Academia compensou 1.350 Mwh de suas necessidades de energia comprando Energia Renovável certificada, que ajudam a apoiar o setor de energia renovável da Califórnia.
- Também se gera energia de várias maneiras em todo o edifício. As torneiras dos sensores nas casas de banho carregam-se com cada utilização, por exemplo (a água corrente faz que uma turbina interna gere energia e carregue a bateria), enquanto os sistemas de recuperação de calor captam e utilizam o calor produzido pelos equipamentos HVAC, reduzindo o consumo de energia.



Figura 34. Painéis fotovoltaicos ao redor do telhado verde (CAS, 2018).

2.6.2.3. Utilização eficiente de recursos

Ao projetar a casa atual da Academia, inaugurada em 2008, era fundamental que o edifício fosse uma representação física para explicar e sustentar a vida. Durante a demolição de antigos prédios da Academia e a construção das novas instalações, selecionamos materiais que minimizassem o impacto do projeto no meio ambiente. Na construção do novo edifício, materiais ecológicos foram escolhidos para minimizar o impacto ambiental do projeto. A seguir apresenta-se exemplos dos materiais utilizados na construção do museu:

- Em vez de usar isolamentos típicos de fibra de vidro ou espuma, por exemplo, optou-se por usar um tipo de rebordo de algodão grosso feito de jeans reciclados, um material que fornece uma alternativa orgânica aos materiais de isolamento carregados de formaldeído. O isolamento de jeans reciclados também retém mais calor e absorve melhor o som do que o isolamento de fibra de vidro e é mais seguro de manipular para os instaladores.
- O concreto predominante em todo o museu é composto de 15% de cinzas volantes e 35% de escória. O que impediu a liberação de mais de 5.375 toneladas de emissões de carbono.
- 95% Do aço do edifício vem de fontes recicladas e 50% da madeira usada vêm de florestas de produção sustentável. Os materiais e produtos locais fabricados a 500 milhas da Academia são responsáveis por pelo menos 20% dos materiais de construção, reduzindo os impactos no transporte e apoiando a economia regional.
- 100% Dos computadores da Academia são classificados como Energy Star.

- 100% Do papel de impressora da Academia é composto inteiramente de conteúdo reciclado pós-consumo.
- Quase todos os produtos de limpeza da Academia são certificados com selo verde e todos os produtos de papel têm conteúdo reciclado.
- A Academia emprega um programa de controlo de pragas baseado em prevenção que é certificado pela EcoWise e minimiza o uso de pesticidas.



Figura 35. Construção da Academia das ciências da Califórnia (CAS, 2018)

Ao nível de utilização da água foram adotadas algumas tecnologias e equipamentos que permitem reduzir a utilização de água potável, obtendo um uso de água 32% abaixo do convencional LEED, graças aos urinais sem água, torneiras, vasos sanitários e chuveiros de baixo fluxo.

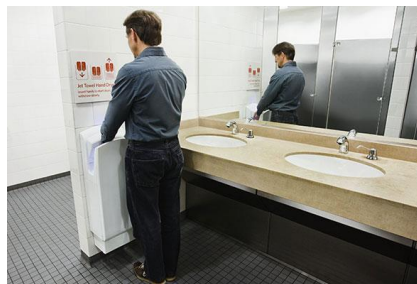


Figura 36. Sistemas de redução do consumo de água potável (CAS, 2018).

2.6.2.4. Qualidade dos ambientes interiores

- a. Enquanto à qualidade do ar interior tomaram-se as seguintes precauções:



- Os materiais utilizados para renovações e alterações das instalações (por exemplo, atualizações para exposições em aquários e museus) contêm baixa ou nenhuma quantidade de COV (compostos orgânicos voláteis).
 - Usam-se sensores de CO₂, monitoramento de fluxo de ar e sistemas de ventilação baseados em demanda.
 - A Academia tem implementado um plano de comissionamento para otimizar continuamente a qualidade ambiental interna.
 - A Academia usa substâncias de baixa emissão e amigáveis ao ozônio para refrigeração, aquecimento, ventilação, ar condicionado e supressão de incêndios.
- b. Em termos de conforto lumínico adotaram-se as seguintes medidas:
- Uma equipa de staff controla a iluminação em 93% dos espaços de trabalho.
 - Janelas panorâmicas na parte de trás do prédio fornecem luz natural aos nossos escritórios e permitem que os funcionários abram e fechem janelas conforme necessário, uma raridade na maioria dos ambientes de escritório. No total, 90% de todos os espaços ocupados regularmente na Academia têm acesso à luz do dia e a vistas externas.
 - O vidro do chão ao teto - feito com baixo teor de ferro para maior clareza - é usado extensivamente em todo o edifício, permitindo que os visitantes vejam o Golden Gate Park de quase qualquer ponto dentro do museu. Este vidro alemão de alto desempenho também reduz os níveis padrão de absorção de calor, minimizando a energia usada para o arrefecimento (Ver Figura 37).
- c. Para o conforto térmico, foram tomadas múltiplas medidas. Como já foi referido, na parte das paredes exteriores, foram instalados isolamentos de jeans reciclados os quais retêm mais calor. Além, no principal andar público do museu, um sistema de ventilação automatizado aproveita as correntes de ar natural do Golden Gate Park para regular as temperaturas no interior do edifício. Durante o dia e a noite, as persianas dos quatro lados da Academia abrem e fecham, proporcionando ar fresco e resfriando o prédio de maneiras que reduzem nossa dependência de sistemas tradicionais de HVAC e de refrigerantes químicos. As muitas claraboias circulares não apenas fornecem luz natural à floresta tropical e ao aquário; eles também abrem e fecham automaticamente para permitir que o ar quente escape conforme necessário (Ver Figura 38).
- O aquecimento por piso radiante elétrico é outro componente essencial da eficiência energética da academia. Porque o ar quente sobe, um sistema tradicional de aquecimento

de ar forçado para os nossos espaços públicos de 35 pés de altura seria um desperdício ao extremo. Em vez disso, os tubos embutidos no piso de concreto levam água quente, aquecendo os espaços pelos quais as pessoas realmente se deslocam e reduzindo as necessidades de energia do edifício em cerca de 10% por ano.

O Telhado verde da Academia é mais do que um belo recurso arquitetônico; é essencial para a eficiência de aquecimento e refrigeração do edifício. Os seis centímetros de substrato do solo no telhado atuam como isolamento natural e evitam que o escoamento de águas pluviais carregue poluentes para o ecossistema. Preenchido com plantas nativas, o telhado também serve de habitat para pássaros e borboletas locais.

- d. O conforto acústico é salvaguardado graças ao isolamento de jeans reciclados já mencionado, pois este absorve melhor o som do que o isolamento de fibra de vidro e é mais seguro de manipular para os instaladores.

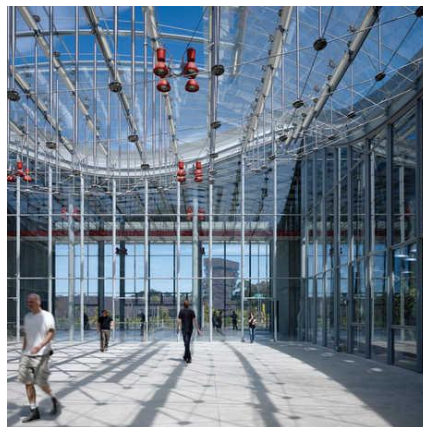


Figura 37. Iluminação natural em mais de 90% dos espaços ocupados no museu (CAS, 2018).



Figura 38. Claraboias utilizadas e incorporadas no telhado verde do museu (CAS, 2018).



2.6.2.5. Minimização e gestão de resíduos

Quando o trabalho começou, 90% dos materiais de demolição dos 12 edifícios que anteriormente ficavam no local foram reciclados. Isso incluiu:

- 32.000 Toneladas de areia de escavação de fundação foram aplicadas a projetos de restauração de dunas em São Francisco.
- 12.000 Toneladas de aço foram recicladas.
- 9.000 Toneladas de concreto foram reutilizadas na construção da estrada de Richmond
- 120 Toneladas de resíduos verdes foram recicladas no local.

Além das medidas tomadas durante a construção, na fase de uso estão a implementar as seguintes medidas:

- 60-65% Dos resíduos da Academia são desviados do aterro para reciclagem ou composto. Isso inclui o desperdício de aproximadamente 1,5 milhão de visitantes por ano.
- O lixo eletrônico (por exemplo, baterias e computadores) é gerenciado pela “GreenCitizen”, uma empresa da “Bay Area” que ajuda pessoas e empresas a reparar, reutilizar e reciclar eletrônicos.

2.6.2.6. Sensibilização e formação para a utilização sustentável

Nesta parte a Academia das ciências da Califórnia adotou as seguintes medidas e atividades para educar os visitantes do museu:

- A exposição Green Building destaca as características ecológicas do edifício, incluindo materiais de construção reciclados, aquecimento por piso radiante e células solares.
- O telhado verde é usado para programas públicos semanais, projetos de ciência cidadã e estudos de pesquisa por estudantes do ensino médio e universitários.
- A divisão de educação oferece aulas e professores com foco no consumo doméstico de energia, edifícios verdes ao redor do mundo, auditorias energéticas na sala da aula, e o telhado verde.

2.6.3. Museu Bardini em Florencia



Historical photograph of the Bardini Museum.

Figura 39. Retrato do antigo Museu Bardini antes da sua remodelação (Sala and Gallo, 2007)

2.6.3.1. Localização, integração e biodiversidade

Este museu foi construído em 1883, reestruturando uma antiga igreja, possui uma área de 3200 m², com uma altura de 6m, e é localizado no centro da cidade de Florencia, Itália. Este edifício foi remodelado com o propósito de melhorar sua eficiência energética (Sala and Gallo, 2007)⁵. Antes da sua intervenção o museu apresentava as seguintes condições:

- Não existia sistema de ar condicionado, ventilação mecânica, só na área de administração.
- Condições deficientes de qualidade do ar, conforto térmico, e conforto visual.
- Consumo excessivo de eletricidade para iluminação (70% do total) devido aos sistemas a utilizar nas exposições.
- Janelas deterioradas e altas filtrações de ar.
- O telhado do edifício não foi isolado, e a análise preliminar mostrou que os andares superiores têm maiores perdas térmicas.

Uma condição para a otimização do museu é manter as fachadas existentes, sem alterar principalmente a fachada da entrada principal. O principal problema foi reduzir as perdas de

⁵ A informação respeito ao Museu Bardini em Florencia foi obtida da fonte referenciada.

calor. As medidas tomadas afetaram positivamente alguns aspetos do desempenho do museu, os quais são apresentados a seguir.



The existing main facade.

Figura 40. Facada a manter do museu (Sala and Gallo, 2007)

2.6.3.2. Eficiência energética

Como já foi referido, o principal objetivo foi a melhoria da eficiência energética, portanto serão apresentadas as medidas adotadas:

- A primeira medida de melhoria foi a implantação de janelas com vidro duplo (todas as janelas existentes) e a troca das caixilharias.
- Se adicionou um isolamento de 10 cm no teto. Os painéis isolantes são feitos de cortiça natural instalada sem aditivos artificiais e adesivos. Além do isolamento, foi concebido um sistema de telhado ventilado (ver o novo telhado na Figura 41) para realizar dois tipos diferentes de “circulação de ar” no telhado:
 - Micro ventilação sob as telhas, para evitar a estagnação da umidade.
 - Macro sob o teto, ativada entre o tijolo e a camada de isolamento.
- Troca das luminárias, gerando maiores níveis de iluminação e menor consumo energético.
- Instalação de cortinas de cor branca para o sombreamento no verão (Ver Figura 42).
- Se instalou um sensor de ocupação, que pode ser usado para desligar as luzes quando o espaço estiver desocupado ou ocupado periodicamente. Usou-se o mais eficiente sensor, que apaga as luzes quando a sala está desocupada e deixa o ocupante para ligar as luzes, se necessário, eliminando a possibilidade de as luzes se ligarem por pequenos movimentos como o vento.



Figura 41. Estrutura do novo telhado ventilado (Sala and Gallo, 2007).



Figura 42. Janelas, caixilharia e cortinas instaladas para diminuir as perdas de energia (Sala and Gallo, 2007)

2.6.3.3. Utilização eficiente de recursos

Não se especifica o que é feito em quanto á utilização eficiente de recursos.

2.6.3.4. Qualidade dos ambientes interiores

Num museu é difícil preservar condições internas constantes sem o uso de sistemas artificiais. Portanto, para ter um microclima sem variações, esses sistemas artificiais são suportados por sistemas avançados de controlo. Além de sistemas integrados de controlo de automação (para iluminação, ventilação, consumo geral de energia, etc.) ou componentes especiais, como, por exemplo, janelas inteligentes; os sistemas de controlo para otimizar a energia são essencialmente orientados em três campos: sistemas de controlo térmico; sistemas de controlo de iluminação artificial e sistemas de controlo de radiação solar; ventilação e sistemas de controlo de qualidade do ar.

- a. Enquanto à qualidade do ar interior tomaram-se as seguintes precauções:

- As janelas serão fornecidas com grades especiais, que podem ser facilmente mantidas abertas no verão para melhorar a ventilação com efeito de pilha. Garantindo a saúde dos ocupantes, evitando altos níveis de umidade e CO / CO₂ concentração e melhorar a distribuição do ar (Ver Figura 43).
- Um sistema avançado de gerenciamento de energia, incluindo um controle inteligente para o sistema de ventilação, será instalado. O sistema contribuirá para obter um consumo de baixa energia e garantirá que essa economia seja mantida; em particular, a instalação deste sistema permitirá o controle total e monitoramento da função de todos os componentes dos sistemas de ventilação. Planeja-se usar este sistema de controle para garantir a qualidade do ar interno, especialmente em relação ao conteúdo de CO₂ medido, que deve ser mantido abaixo de um nível fixo por ventilação.

b. Em termos de conforto lumínico adotaram-se as seguintes medidas:

- O nível de iluminação do dia foi otimizado pela substituição de claraboias existentes por novas, o primeiro passo foi mudar a estrutura das coberturas das claraboias na sala principal, perto da entrada. A melhoria das luminárias antigas com refletor eficiente é uma medida muito importante porque a superfície dentro das luminárias deve ser mais reflexiva, para que mais luz possa ser direcionada para o espaço expositivo (Ver Figura 44).
- Mudou-se o telhado envidraçado, no lugar das coberturas envidraçadas pesadas, se utilizaram luminárias que são transparentes de 30mm com painel de policarbonato com um refletor especial que pode reduzir o brilho e aumentar os níveis de iluminação (Ver Figura 46).
- Uma terceira medida diz respeito ao teto falso de madeira existente: todos os vidros à prova de bala serão substituídos por componentes difusores especiais de alta transmitância, feitos de plástico flexível de alta qualidade, para assegurar uma distribuição de luminância uniforme no teto da divisão (Ver Figura 45).
- Foi instalado um sensor de iluminação, que possibilita manter o nível de iluminação na sala no nível desejado, conforme a luz do dia varia. Também permite uma considerável economia de eletricidade, maior vida útil do equipamento de iluminação e gerenciamento simples das luzes de reserva.

c. Para o conforto térmico, adotaram-se as seguintes medidas:

- Uso de ventilação noturna, pode reduzir a temperatura interna máxima durante o dia ($\sim 1-2$ °C). O calor armazenado é dissipado para o ar interno e pode ser removido durante a noite abrindo grades especiais, quando a temperatura do ar externo é menor. Com base neste princípio e em conjunto com a alta massa térmica do edifício, foi considerada uma ação de adaptação, assumindo uma taxa de câmbio de uma ACH durante a noite das 22:00 às 8:00 da manhã.
- Instalação de um novo sistema de aquecimento energeticamente eficiente. No museu estava faltando um sistema de aquecimento. O uso de um sistema de aquecimento contribuirá para a melhoria do conforto interno no inverno. O sistema de controle de aquecimento típico incorpora válvulas termostáticas no sistema de distribuição e um sensor de temperatura do ar externo para o controle do sistema.
- Foram instalados sensores de temperatura e humidade, que combinam respostas operacionais prévias e condições atuais para determinar o melhor tempo para ligar o sistema de aquecimento, a fim de alcançar a temperatura interna desejada num período específico.
- Além, instalou-se um sistema de controle de ventilação, que pode ser usado para controlar medidas passivas para promover a ventilação natural, incluindo a abertura e fechamento da grade instalada sob janelas.



Figura 43. Grades nas janelas para a renovação de ar

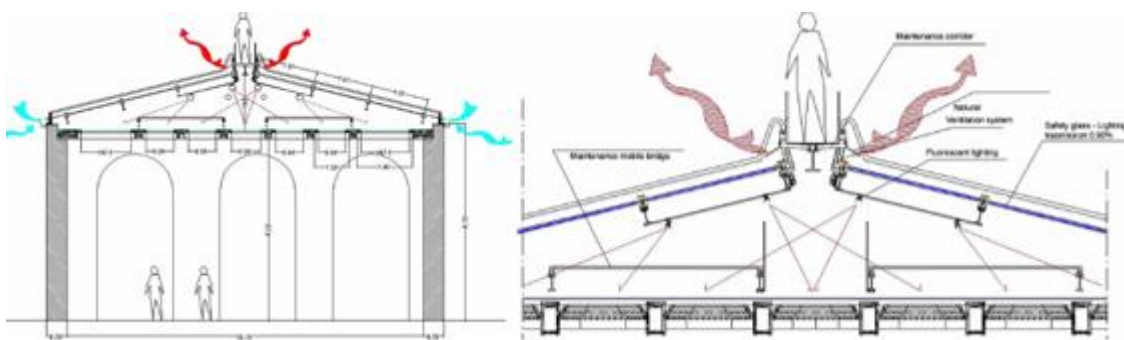


Figura 44. Seção das novas claraboias (Sala and Gallo, 2007).



Figura 45. Painéis difusores instalados no telhado (Sala and Gallo, 2007).



Figura 46. Troca dos envidraçados para incrementar os níveis de iluminação (Sala and Gallo, 2007).

2.6.3.5. Minimização e gestão de resíduos

Não se especifica o que é feito em quanto á minimização e gestão de resíduos.

2.6.3.6. Sensibilização e formação para a utilização sustentável

A aplicação destas ações de adaptação terá um impacto significativo criando ambiente interno saudável e confortável e aumentando a difusão da consciência sustentável em usuários e

proprietários. Além, como foi referido, manteve-se a fachada principal do edifício, o que gera um bom impacto social, pois demonstra-se que é possível melhorar o nível de sustentabilidade de um edifício mantendo o interesse cultural dos mesmos.

2.6.4. Hotel Jardim Atlântico

A avaliação foi efetuada considerando a totalidade dos espaços exteriores e dos edifícios comuns e residenciais, inseridos na unidade hoteleira, e todos os edifícios que compõem o hotel. Foi efetuada para a sua fase de operação. Obteve uma classificação A com um desempenho ambiental 50% superior à prática atual (Ver Figura 47).



Figura 47. Certificação do desempenho da sustentabilidade do Hotel Jardim Atlântico
(Jardim Atlântico, 2003)

2.6.4.1. Localização, integração e biodiversidade

O Hotel Jardim Atlântico localiza-se na costa sudoeste da Ilha da Madeira, começou a ser construído em 1991 e finalizado em 1993. É constituído por 61 apartamentos T0, 26 apartamentos T1, 2 apartamentos T2 e 8 *bungalows* T1, a sua forma é irregular, com uma construção adaptada à topografia do terreno (Jardim Atlântico, 2003; Pinheiro, 2006)⁶.

⁶ Todo os parágrafos referentes ao Hotel Jardim Atlântico, foram baseados nas citas referenciada.



Figura 48. Hotel Jardim Atlântico (Jardim Atlântico, 2003)

Uma das preocupações foi, desde logo, a integração com a paisagem, tendo o hotel sido planeado e construído de forma a ficar integrado e adaptado, ou seja, diminuiu-se o impacto visual da estrutura. Adicionalmente, foram instalados estendais de roupa nos balcões dos apartamentos, que os hóspedes utilizam para as suas roupas, evitando ter de as colocar de forma visível na varanda. Relativamente às amenidades, o hotel possui, além de um restaurante e um *snack-bar*, um centro de SPA com variadíssimos serviços, nomeadamente salão de beleza, banhos de hidromassagem, pequeno ginásio, sauna, *Snack-bar* e zonas de lazer (Ver Figura 50). No que respeita às amenidades naturais, possui no local ou proximidades, áreas ajardinadas nas quais está incluído o “Bare Fut Track”, uma quinta pedagógica, o Parque Natural da Madeira a 2 Km de distância, o oceano Atlântico, entre outros. Ainda se salienta a construção de uma vereda nova para passeios a pé junto ao hotel, no meio da natureza virgem, o que fomenta um pouco a mobilidade de baixo impacto.

O efeito de ilha de calor, decorrentes da construção de estruturas e impermeabilização de vias, foram controlados através da implementação de áreas exteriores ajardinadas, da utilização de cores claras nos edifícios e da implementação de elementos com água no exterior (piscinas exterior com queda de água).



Figura 49. Área ajardinada do Hotel (Pinheiro, 2006).



Figura 50. Amenidades do Hotel para seus utilizadores(Jardim Atlântico, 2003).

2.6.4.2. Eficiência energética

Para melhorar a eficiência energética do hotel foram tomadas as medidas seguintes:

- Utilização de cartões perfurados como chave para os quartos (como controladores de energia elétrica), permitindo a redução dos gastos energéticos quando o quarto não está ocupado (com exceção do frigorífico em caso de estar em uso) e eliminando os gastos derivados do modo de espera.
- A utilização exclusiva de lâmpadas de baixo consumo, onde mais de 60% são de eficiência energética Classe A (Ver Figura 51).
- A implementação de sensores de movimento, foto células e relógios para diminuir o tempo das iluminações e regular o tempo exato de horas de trabalho para máquinas e outros equipamentos. Por exemplo, no exterior existe um sistema temporizado, de acordo com a alvorada, de encerramento das luzes exteriores.
- A adequação dos programas de lavagem na lavandaria, específicos conforme os tipos de roupa e com doseadores digitais, conseguindo um rendimento ideal por lavagem.
- A utilização de bons isolamentos, o que veio igualmente permitir a redução dos consumos.
- A utilização, na maioria dos casos, de aparelhos e máquinas de baixo consumo (nível A), pois possuem recuperação de energia e calor (Ver Figura 51).
- Otimização na localização dos aparelhos, ou seja, esta foi pensada de forma a minimizar trocas de energia. Por exemplo, a localização do frigorífico e do fogão foi pensada para se encontrarem afastados, de forma a não ocorrerem interferências térmicas.



Figura 51. Lâmpadas de baixo consumo e pormenor dos equipamentos da cozinha (Pinheiro, 2006)

2.6.4.3. Utilização eficiente de recursos

Em relação à redução dos consumos de água potável, foram instalados diversos mecanismos:

- Redutores nas torneiras onde o caudal destas não excede os 12 litros por minuto excetuando-se a da banheira e nos chuveiros (ver Figura 52).
- Redução dos depósitos das sanitas para uma quantidade máxima por descarga de 6 litros, poupando mais de 40% de água e, ainda, a colocação de instruções para o uso ideal do reservatório da sanita, conforme as necessidades, de forma a se economizar 50%.
- O aproveitamento da água produzida no desumidificador para os ferros de engomar roupa, radiadores dos automóveis bem como fontes ornamentais, e finalmente, a mudança das toalhas dos quartos de banho e da roupa de cama, que apenas é efetuada uma vez por semana ou a pedido do hóspede.
- Foram instaladas, ao longo dos beirais, calhas que permitem efetuar a recolha da pluviosidade, conduzindo-a para um tanque de armazenamento, após o que será utilizada na rega dos jardins (Ver Figura 53).
- Dada a localização e a extensa área exterior existente, as águas locais são geridas com algum cuidado, por um lado pela implementação de um Sistema de Gestão Ambiental, o qual possui procedimentos específicos para cada sector e por outro, o controlo das águas de escorrência dos telhados e a retenção e tratamento, no local, de efluentes.



Figura 52. Redutores nas torneiras (Pinheiro, 2006).



Figura 53. Beiral de recolha das águas pluviais no Hotel (Pinheiro, 2006).

2.6.4.4. Qualidade dos ambientes interiores

- a. Enquanto ao nível da qualidade do ar interior tomaram-se as seguintes precauções:
 - Verificasse a utilização, exclusiva em todos os quartos, de ventilação natural, sem a existência de ar condicionado.
 - Alguns dos micro poluentes mais importantes foram eliminados, nomeadamente a legionella, uma vez que se realizam verificações periódicas do chiller e ar condicionado (usado nas zonas públicas), o fumo de tabaco, já que existe a proibição de fumar nas áreas comuns como o Restaurante e parte da sala de estar e existem espaços para não fumadores que totalizam 51% do alojamento.
 - Para a gestão das águas se faz só a utilização exclusiva de produtos biodegradáveis, o que elimina a contaminação por pesticidas.
- b. Em termos de conforto lumínico adotaram-se as seguintes medidas:
 - O nível de conforto lumínico foi otimizado com a troca das luminárias, como já foi referido anteriormente, reduzindo o consumo, e mantendo um bom nível de iluminação nos espaços uteis.
- c. Para o conforto térmico, adotaram-se as seguintes medidas:
 - O interior do hotel e dos quartos possui um bom conforto térmico, em grande parte conseguido pela adequabilidade do isolamento térmico colocado.
- d. Para o conforto acústico, adotaram-se as seguintes precauções:



- Pode-se ainda evidenciar que o acesso ao hotel está cortado para a circulação de viaturas entre as 23h e 7h, através de uma barreira, para redução do ruído e que não se pode utilizar o telemóvel no restaurante, contribuindo para melhorar o ambiente acústico local.

2.6.4.5. Minimização e gestão de resíduos

No local existe uma ETAR, para o tratamento dos efluentes do hotel de todas as águas residuais da unidade. A água limpa é reutilizada na rega dos jardins (aproximadamente 25.000 m²), o que confere ao hotel um reaproveitamento da água que foi consumida, minimizando os gastos globais e contribuindo para a preservação dos recursos (Ver Figura 54).

Enquanto aos resíduos gerais, o hotel fez um grande esforço na eliminação de embalagens individuais, na utilização de só papel reciclado e na reutilização do composto resultante de resíduos orgânicos recolhidos da cozinha e dos apartamentos nas terras dos jardins e na reutilização da roupa usada da lavandaria para panos de limpeza, entre outros. Além, foram instaladas nas casas de banho doseadores de sabonete, que se recarregam, ao invés de colocar os sabonetes embrulhados (Ver Figura 56). Usam-se cestos de pão, ao invés de pão embalado em saquetas individuais, não se utilizam garrafas de água em plástico e nas mesas existem jarros em vez de recipientes.

Enquanto a gestão de resíduos perigosos também foi reduzida sua produção, gestão e minimização de perigosidade, onde os produtos se encontram sobre bacias de retenção, através de uma estratégia para a não utilização de produtos perigosos e também para a não produção de embalagens. Entre estas pode evidenciar-se a utilização exclusiva de produtos biodegradáveis em todo o hotel, bem como o tratamento e a desinfecção das águas das piscinas com um produto derivado do mar (Aquabromo), em vez do cloro.

Na área dos materiais de limpeza, não são adquiridas embalagens. Cada vez que estas se acabam, são antes recarregadas e reutilizadas. A compra de materiais de limpeza é efetuada em grandes quantidades, pelo que, também a este nível, a produção de embalagens é minimizada, uma vez que se reutilizam os recipientes (Ver Figura 55).

Por sua vez, além da minimização, são muitos e abrangentes os resíduos valorizados, nomeadamente: vidro, papel/cartão, plástico, latas, caixas de madeira, resíduos orgânicos, baterias, óleo usado e resíduos indiferenciados.



Figura 54. Vista superior da ETAR do Hotel (Pinheiro, 2006).



Figura 55. Recarga e reutilização dos recipientes para a limpeza (Pinheiro, 2006).



Figura 56. Recarga e reutilização dos recipientes com sabonete (Pinheiro, 2006)

2.6.4.6. Sensibilização e formação para a utilização sustentável

A interação com a comunidade é um aspeto importante, uma vez que a perspetiva adotada assume uma integração e contributos sociais e pedagógicos. Estes passam pela compra sistemática de produtos locais e pela disponibilização de produtos excedentes, em boa qualidade, para os mais carenciados. Criam-se campanhas de donativos de bens, incluindo a disponibilização de mobiliário, e, por exemplo, de televisões ainda em bom estado, aos funcionários e à igreja, devido as necessidades funcionais.

Têm-se levado a cabo várias campanhas de formação e informação dos empregados, encontrando-se estes sensibilizados, formados e incentivados para a política ambiental e

práticas ambientais. Os hóspedes são informados das ações, sendo que 90% dos hóspedes aderem e até dão sugestões/ideias novas, que em parte já foram implementadas.

3. METODOLOGIA

Esta dissertação está direcionada à análise e a otimização do nível de sustentabilidade dum edifício de serviços em Lisboa, com o objetivo de demonstrar que um edifício sustentável tem de ser excelente nas três dimensões (ambiental, social e económica). Esta análise foi elaborada com ajuda do manual de avaliação para edifícios de serviços SBTOOL-PT.

Enquanto ao manual para a avaliação de edifícios residências, o manual dos edifícios de serviços apresenta leves diferenças, partindo do ponto em que são avaliadas as mesmas dimensões; porém, nas categorias, exatamente na categoria 8, onde por um lado nos edifícios residenciais é avaliada a sensibilização e educação para a sustentabilidade, no lado dos edifícios de serviços avalia-se a segurança. Já para os indicadores das categorias restantes, as diferenças em alguns destes radicam na divisão dos indicadores no manual para edifícios residências, por exemplo, na categoria 5 parâmetro 15 no **Anexo II** (Anexo onde são apresentados os indicadores de avaliação para edifícios residências), é avaliada a percentagem de redução do consumo de água potável, incluindo os sistemas de recolha de água chuva, enquanto no manual para edifícios de serviços, este parâmetro é dividido nos indicadores 16 e 17 como pode apreciar-se no **Anexo II**, outras diferenças radicam no agrupamento, por exemplo, dos indicadores 24 e 25 para edifícios residenciais, são avaliados num mesmo parâmetro, o parâmetro 24, no manual para edifícios de serviços. A grande diferença existente radica na avaliação doutra dimensão, a dimensão de sustentabilidade do local, dividida numa categoria com o mesmo nome, e composta por dois indicadores, acessibilidade a transportes públicos e acessibilidade a amenidades. Esta dimensão é uma bonificação pois o peso desta dimensão encontra-se fora do 100% do nível de sustentabilidade pois as outras três dimensões (ambiental, social e económica) somam este 100%, nesta dissertação o peso atribuído a esta quarta categoria é de 10%, como está apresentado no **Anexo II**.

Por outro lado, há algumas diferenças e apreciações que serão tidas em conta nesta dissertação com o manual do SBTOOL-P para serviços, a primeira diferença consiste em que alguns indicadores tiveram de ser atualizados devido às legislações portuguesas as quais também foram

atualizadas, por exemplo, os indicadores da energia. Além disso, outros indicadores não serão calculados devido as condições do edifício, sendo o caso dos indicadores cinco seis e doze, os quais são especialmente para a fase de construção, e como será introduzido no seguinte capítulo, o edifício encontra-se já construído. É fundamental esclarecer que os pesos destes indicadores foram distribuídos de maneira equitativa entre os indicadores restantes das mesmas categorias, por isso observa-se que os pesos destes indicadores nesta avaliação é 0, e que os pesos dos restantes na mesma categoria somam um total de 100%.

Depois de ser feitas estas apreciações calcularam-se os indicadores restantes, cada cálculo será apresentado no seguinte capítulo. Depois com o desempenho de cada parâmetro e seu respetivo peso é calculado o desempenho da categoria onde este pertence, e por ultimo, com os desempenhos por categoria e seus pesos são calculados os desempenhos para cada dimensão, obtendo assim no final um nível de sustentabilidade global para o edifício escolhido para o caso de estudo, os resultados serão apresentados com quadros para cada parâmetro, categoria e dimensão e o respetivo desempenho obtido.

4. ESTUDO DE CASO - EDIFÍCIO DE SERVIÇOS EM LISBOA

4.1. Descrição da obra

O edifício escolhido como caso de estudo foi um Museu na cidade de Lisboa, localizado na margem direita do rio Tejo. Constitui-se num museu interativo que tem como objetivo de tornar-se mais acessível para todos, estimulando a exploração do mundo físico e a experimentação

Este museu antigamente era um edifício na área abrangida pela Expo 98. Entre os atrativos do antigo edifício eram os hologramas miniatura, os modelos de barcos e submarinos, e um modelo em tamanho real de um submarino idealizado por Leonardo Da Vinci.

Com o fim do evento da Expo 98, o espaço foi remodelado e aberto ao publico em julho de 1999, recebendo em media 750 visitantes por dia. O museu acolhe grandes exposições temáticas e dezenas de módulos interativos destinados à exploração de aspetos do mundo da Física, matemática, e da Tecnologia.

Este edifício possui condições de acessibilidade universal, e é constituído por 4 pisos: Cave, rés de chão, 1º e 2º andar, os quais somam uma área útil de 8447.22 m², a composição dos pisos do museu apresenta-se a seguir:

- Piso -1: Parque de estacionamento, salas técnicas, elevadores, centrais de bombagem de águas subterrâneas e de combate a incêndios, reservatório de água para combate a incêndios, subestação de fornecimento de frio e de calor, circulações horizontais e verticais.
- Rés do chão-piso 0: Receção, salas de exposições salas de conferências, sala de segurança e gestão técnica, sala de apoio, sala de comunicações, salas técnicas, bastidores, quadro geral de baixa tensão, posto de transformação, instalações sanitárias, cafetaria, armazéns, elevadores, circulações horizontais e verticais.
- Piso 1: Gabinetes de gestão, gabinetes de apoio, receção e atendimento ao público, salões de exposição, foyer, media teca, balneários, instalações sanitárias, elevadores, circulações horizontais e verticais.
- Piso 2: Gabinetes, open-space, sala de reuniões, instalações sanitárias, circulações horizontais e verticais e áreas técnicas.

O acesso ao edifício é assegurado por uma rampa exterior situada dentro de um pátio descoberto de forma quadrangular, que liga a zona de logradouro público ao piso 1 onde se situa a receção.

Foram fornecidos pelo Museu para facilitar a avaliação documentos tais como, a certificação energética, planos arquitetónicos, águas e esgotos, conexões elétricas, entre outros.

O museu está dotado com os seguintes sistemas:

- Sistema de climatização e ventilação

O edifício está dotado de um sistema de climatização que assegura as condições de conforto térmico, e que funciona de acordo com as condições climáticas (nomeadamente entre novembro e abril). Seguidamente são apresentadas as características principais dos sistemas existentes no edifício (Serviterme, 2016).

- Equipamentos de climatização

Está localizado numa Zona de Intervenção da Expo 98, estando dotado de tecnologias e infraestruturas como uma rede urbana de distribuição de frio e calor. Este sistema abastece os diversos edifícios dessa zona através de uma rede urbana, a quatro tubos, com uma extensão de

40 km e é abastecida por uma central de Trigeriação, baseada numa turbina a gás alimentada por gás natural. Utiliza dois chillers de absorção de duplo estágio alimentados por vapor produzido numa caldeira recuperação, três chillers de compressão e uma caldeira auxiliar a gás. Esta instalação utiliza um sistema de produção e rede de distribuição de energia centralizado, que permite fornecer, serviços como água gelada destinada a climatização e outras aplicações, água quente para aquecimento e fornecimento de energia elétrica de socorro. Através de permutadores de placas, é fornecida energia térmica (frio e calor) a cada instalação. Para o caso do Pavilhão do Conhecimento, a potência térmica de permuta de energia térmica entregue pela CLIMAESPACO, é apresentado no Quadro 2 (Serviterme, 2016).

Quadro 2. Potências térmicas da rede urbana

Equipamento	Marca	Modelo	Potência térmica de aquecimento[kW]	Potência térmica de arrefecimento[kW]	Rendimento
Rede Urbana (Trigeriação)	-	-	370	350	-

A distribuição da energia térmica para os diversos equipamentos de climatização e ventilação, é feita através de um sistema de quatro tubos reversível, composto por seis bombas hidráulicas, três para água fria e três para água quente. É apresentado no Quadro 3 as principais características e cada dispositivo como parte integrante do sistema de climatização e ventilação das instalações. Estas bombas hidráulicas são responsáveis por levar energia térmica até aos elementos de emissão e difusão de energia térmica. Como produção de energia térmica, regista-se também a presença de unidades autónomas de climatização do tipo split o qual é apresentado no Quadro 4 as principais características de cada equipamento (Serviterme, 2016).

Quadro 3. Bombas hidráulicas do sistema de AV/AC

Equipamento	Marca	Modelo	Caudal [L/h]	Pot. Elétrica [KW]
Bombas Hidráulicas	Grundifos	LPD 65-160	21500	3.8
Bombas Hidráulicas	Grundifos	LPD 65-160	21500	3.8
Bombas Hidráulicas	Grundifos	LPD 80-160	55500	6.9

Bombas Hidráulicas	Grundifos	LPD 80-160	55500	6.9
Bombas Hidráulicas	Grundifos	UPS 40-180 F	3747	0.77
Bombas Hidráulicas	Grundifos	MAGNA 40-150 F 250	1506	0.6

Quadro 4. Características principais dos splits

Equipamento	Marca	Modelo	Potência térmica de arrefecimento [KW]	Potência térmica de aquecimento [KW]
Split	Mitsubishi	FDC50GHES2	-	-
Split	Mitsubishi	SRK285HENF-L	-	-
Split	Mitsubishi	SRK205HENF-L	2.5	3
Split	Sanyo	SPWC253EH8	1.85	2.05
Split	Electra	WMN 1212RC	6.8	7.2
Split	Electra	WMN 1616RC	8.2	9.7
Split	Daikin	RXS60BVMB	-	-
Split	Electra	WMN 12RC	3.4	3.6
Split	Midea	MSG-12-HRN2	3.4	4.1
Split	Midea	MCA-12-HRN2	-	-
Split	Mitsubishi	SRC285HENF-L	-	-

Os splits estão presentes em salas dos servidores informáticos do rés-do-chão. No entanto para fornecer energia térmica aos bastidores, observou-se ainda a presença de duas unidades do tipo close-control o qual é apresentado no Quadro 5 com as principais características de cada equipamento.

Quadro 5. Características das unidades Close Control

Equipamento	Marca	Modelo	Potência térmica de arrefecimento [KW]	Potência térmica de aquecimento [KW]	EER	COP	Fluido frigorígeno
Close control	LG	-	8.1	8.1	2.45	2.45	R410A

A renovação de ar no interior da maioria dos espaços, é realizada mediante ventilação mecânica, através de insuflação e extração de ar. Para este efeito existem várias Unidades de Tratamento de Ar (UTA's) e Unidades de Tratamento de Ar Novo (UTAN), que apresentam baterias de água fria/quente e ventiladores de insuflação. O ar é tratado nas UTA's e UTAN que depois é distribuído através de uma rede de condutas, até aos elementos terminais de difusão de ar constituído por grelhas lineares e circulares sobre pavimentos e tetos falsos de cada espaço. No Quadro 6 estão indicadas as principais características dos equipamentos que fazem o tratamento de Ar (Serviterme, 2016).

Quadro 6. Unidades de Tratamento de Ar (UTA)

Equipamento	Marca	Modelo	Caudal [m ³ /h]	Pot. Elétrica insuflação/Retorno [KW]
UAP01	Metaleceia	ML 2.0	2142	0.53
UTA01	Metaleceia	ML 18.2	19800	2.8
UTA02	Metaleceia	ML 18.2	18360	2.8
UTA03	Metaleceia	ML 18.2	18360	2.8
UTA04	Metaleceia	ML 14.0	15480	2.8
UTA05	Metaleceia	ML 11.0	9000	1.05
UTA06	Metaleceia	ML 18.2	19440	2.8
UAP2.1	Metaleceia	ML 1.0	580	0.13
UTAN 1.03	CIAT	AHU Climaciat Airtop 5	7200	2.2

Quanto às instalações sanitárias, zonas técnicas ou circulações horizontais, a renovação de ar também é realizada também de forma mecânica. Neste caso com insuflação para algumas áreas técnicas e circulações do Piso 2, através de Ventiladores de Insuflação. Enquanto aos ventiladores de extração, estes são responsáveis pela extração do ar contaminado para os espaços destinados a instalações sanitárias. Realça-se que os espaços destinados a laboratórios, auditório ou cozinha também apresentam ventiladores de extração independentes. As características dos equipamentos apresentam-se no Quadro 7.

Quadro 7. Características dos ventiladores de insuflação e extração

Equipamento	Marca	Modelo	Caudal [m ³ /h]	Pot. Elétrica insuflação/Retorno [KW]
VI1	Matthews & Yates	W/X/84184/01	7200	0.29
VI 2.2	-	-	900	0.37
VE01	S&P	HCFB/4-400/H	-	0.46
VE02	Efacec	CV070/AT9-9	1080	1.1
VE03	Efacec	CV130/TLZ400	7200	-
VE1.1	Nuaire	1027949	756	-
VE1.1	Nuaire	1027949	540	-
VE1.1	Nuaire	1027949	540	-
VE1.1	Nuaire	1027949	630	-
VE	S&P	HCBB/4-250/H	-	0.04
VE	Vortice	CA250	-	0.14

A preparação de Águas Quentes Sanitárias (AQS) é assegurada por dois acumuladores elétricos, suas características são apresentadas no Quadro a seguir. Em termos de consumos de AQS, têm como finalidade fornecer energia térmica para as instalações sanitárias e laboratórios.

Quadro 8. Características dos depósitos de Águas Quentes Sanitárias

Equipamento	Marca	Modelo	Potência [KW]	Volume [L]
Depósito AQS	EFACEC	-	5	7500

No interior do edifício regista-se a presença de três elevadores espalhados em diferentes pontos estratégicos de acesso a diversos locais do edifício. Dois elevadores apresentam uma potência elétrica unitária de 25,8 kW, enquanto que o terceiro apresenta 10,6 kW. Além, presenciou-se também a presença quatro bombas hidráulicas, que fazem circular a água para uma fonte, localizado no exterior das instalações. As bombas estão localizadas na zona técnica do piso -1, e funcionam por sincronização duas a duas. Apresentam uma potência elétrica total de 7,5 kW. Também, identificou-se também na zona técnica uma central de bombagem de águas subterrâneas e de combate a incêndios da EFACEC, composto por três unidades com uma potência elétrica total de 31 kW.

Por ultimo, o edifício possui um Sistema de Gestão Técnica de Energia, que permite controlar as instalações, localizada na sala de segurança do edifício. Este sistema, permite controlar os

equipamentos de climatização e ventilação do interior do edifício, bem como definir horários para a iluminação ou controlar calhas elétricas em alguns setores.

4.2.Avaliação segundo a metodologia SBTOOL-PT

Conforme já foi explicado no capítulo referente à metodologia, o sistema SBTOOL-PT para edifícios de serviços baseia-se em três dimensões, a ambiental, social e económica, todas estas três dimensões estão compostas por diversas categorias, as quais em total somam 24 indicadores para assim obter a avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo. Além disso, neste caso existe uma avaliação adicional enquanto à sustentabilidade do edifício e sua localização, onde é avaliada sua acessibilidade aos transportes públicos e às amenidades mediante dois indicadores, obtendo assim um nível de sustentabilidade adicional referente a sua localização. Os cálculos são explicados a seguir para cada categoria e seus correspondentes indicadores.

4.2.1. C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior

Esta categoria está composta por dois indicadores, o primeiro é o Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção, com um peso de 60% sob a categoria, e o segundo parâmetro é o Efeito ilha de calor, com os restantes 40% para assim somar um total de 100% e obter a avaliação do desempenho desta primeira categoria, a seguir apresentam-se os cálculos feitos para avaliar cada um destes indicadores.

Quadro 9. Categoria I, seus indicadores e pesos

Categoria	No.	Indicador	Peso na categoria
C1: Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	1	Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção	60
	2	Efeito ilha de calor	40

4.2.1.1. I1-Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção

O objetivo deste indicador é promover a utilização de materiais e soluções construtivas que apresentem baixo impacto ambiental ao longo do seu ciclo de vida.

Para calcular este indicador primeiro procede-se a quantificar os impactos ambientais do ciclo de vida do edifício, para isto há de identificar-se os tipos de elementos constituintes do edifício (piso térreo, pisos elevados, cobertura, paredes exteriores e interiores, vãos envidraçados e a estrutura) e as respetivas quantidades, em alguns casos são suas áreas e noutros o volume. Com estas quantidades o passo a seguir é identificar os valores dos impactos ambientais unitários de ciclo de vida na base de dados de LCA para cada uma das soluções construtivas utilizadas no edifício, depois, estes impactos ambientais de ciclo de vida do edifício são quantificados multiplicando as quantidades dos diferentes elementos do edifício pelos respetivos impactos ambientais unitários.

Depois, com o resultado obtido para os impactos ambientais do ciclo de vida de todo o edifício, noutras palavras, a somatória dos impactos ambientais de cada elemento, há de ser feito o mesmo procedimento para calcular os impactos do edifício de referencia. E por último, se procede a fazer a normalização e agregação das categorias de impacto ambiental, e assim obter o desempenho ambiental da solução, aplicando a seguinte equação

$$\bar{P}_i = \frac{P_i - P_{i*}}{P_i^* - P_{i*}} \quad (2)$$

Aplicar este calculo ao edifício do caso de estudo não foi possível, pois tal e como for indicado na descrição, o museu encontra-se já construído, o que dificultou o calculo deste indicador, porém, analisando que toda a estrutura do antigo edifício da expo 98 foi reutilizada e remodelada, o desempenho neste indicador tomou-se excelente, dito de outro modo o valor normalizado assumido foi de **1.0**, pelo tanto atingiu um nível **A** neste indicador.

4.2.1.2. P2-Efeito ilha de calor

O objetivo deste indicador é diminuir o efeito ilha de calor nas zonas urbanas, através da utilização de materiais de elevada refletância ou de zonas verdes nos espaços exteriores dos edifícios. Para o cálculo deste indicador é necessário determinar a percentagem de área em

planta com refletância igual ou superior a 60% (P_{RFL}), simplesmente aplicando a seguinte equação:

$$P_{RFL} = \frac{A_{EV} + A_{RFL}}{A_{TOT}} \quad (3)$$

Tendo em conta que A_{TOT} faz referência à área total do terreno em projeção horizontal, A_{EV} significa área de espaços verdes do edifício em projectão horizontal, e A_{RFL} à área construída em projeção horizontal (pavimentos exteriores não cobertos e coberturas) com refletância igual superior a 60%

O cálculo da área contruída em projeção horizontal (A_{RFL}) foi quantificado tendo em conta a somatória das áreas da cobertura e do terraço foram feitas em Zinco e cujo valor de refletância segundo o manual de avaliação SBTOOL-P para edifícios de serviços é de 68%, os valores das áreas apresentam-se no quadro a seguir

Quadro 10. Cálculo da área construída em projeção horizontal com refletância igual ou superior a 60%

Área de espaços verdes do edifício em projeção horizontal	
Área de espaços verdes (total)	0.00 m2
Cobertura (Telhado em Zinco)	4,757.80 m2
Terraço (tipo de painéis ou caixas)	269.57 m2
Área com refletância superior a 60% (A_{RFL})	5,027.37 m2

As áreas restantes, A_{EV} e A_{TOT} foram calculadas tendo em conta que o edifício não possui áreas verdes, e com ajuda dos planos arquitetónicos fornecidos pelo museu, se obtiveram os valores apresentados no seguinte quadro.

Quadro 11. Áreas para o cálculo da percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60%

ATOT	6,121.61 m2
AEV	0.00 m2
ARFL	5,027.37 m2

Aplicando a equação 3 obteve-se uma percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60% (P_{RFL}) de 82.12%.

Depois com o valor da prática convencional (30%) e o valor da melhor prática (90%), calculou-se o valor normalizado da P_{RFL} (\overline{PRFL}) cujo valor obtido foi de **0.87**, pelo tanto neste indicador foi atingido um nível de desempenho **A**.

4.2.2. C2-Biodiversidade e uso do solo

Como já foi referido na metodologia, esta categoria está composta por quatro indicadores, mas três destes (Proteção da biodiversidade local em fase de construção e produtos de base orgânica certificados) não foram tidos em conta e seus pesos foram redistribuídos no indicador restante da categoria, portanto, o indicador localização sustentável, tem o 100% do peso da categoria. Os cálculos deste indicador são apresentados a seguir.

Quadro 12. Categoria II, seus indicadores e pesos

Categoria	No	Indicador	Peso na categoria
C2: Biodiversidade e Uso do solo	3	Eficiência no uso do solo	0
	4	Localização sustentável	41
	5	Proteção da biodiversidade local em fase de construção	0
	6	Produto de base orgânica certificados	0

4.2.2.1. I3-Eficiência no uso do solo

O objetivo deste indicador é mitigar a expansão das cidades promovendo a maximização da ocupação territorial em áreas onde está prevista a construção de edificado, maximizando ao mesmo tempo o uso dado a essas áreas construídas.

Neste caso de estudo em particular, seu cálculo não foi efetuado devido aos contínuos câmbios que um museu apresenta, em outras palavras, o uso do solo em edifícios que sejam museus é relativo, devido às modificações que continuamente apresenta enquanto às atrações e exposições. Por exemplo, no momento da avaliação o museu pode ter um mau desempenho

neste indicador, apresentando pouca utilização do espaço útil por diversos motivos, estação baixa, entre outros, mas em um tempo relativamente curto ou durante a época alta, isto pode mudar para um bom desempenho, sendo totalmente diferente, por exemplo, do que um edifício de oficinas, cujas funções em termos de espaço variam com menor frequência.

4.2.2.2. I4-Localização sustentável

O objetivo deste indicador é reduzir os impactos associados à criação de novas infraestruturas e à ocupação de solos virgens.

O calculo deste indicador é feito em três partes, a primeira consta do calculo da percentagem de área previamente contaminada ou edificada (P_{ACE}), a segunda é o calculo da proximidade a infraestruturas, em outras palavras, o índice de acessibilidade a infraestruturas (I_{AI}), e a ultima correspondente ao calculo de índice de localização sustentável (I_{LS}) é simplesmente a media entre os índices calculados nas duas primeiras partes.

Na primeira parte para calcular a percentagem P_{ACE} foram quantificadas duas áreas, a área total de intervenção (A_{INT}) e o somatório das áreas previamente contaminadas ou edificadas contidas na área de intervenção (A_{PCE}). Como já foi referido na descrição do edifício, toda a estrutura foi reutilizada, pelo tanto as duas áreas, A_{INT} e A_{PCE} , têm o mesmo valor, 6121 m^2 , pelo tanto aplicando a equação de abaixo obteve-se um 100% nesta Percentagem

$$P_{ACE} = \frac{A_{PCE}}{A_{INT}} * 100\% \quad (4)$$

Os valores da prática convencional e a melhor prática na primeira parte são 30% e 90%, respetivamente, por conseguinte, o valor normalizado da P_{ACE} obtido foi de 1.17.

Na segunda parte do cálculo foi quantificado o índice de acessibilidade a infraestruturas I_{AI} , para isto tinham de ser definidas as distancias do local de construção à rede elétrica (D_{If1}), rede de água (D_{If2}) e a rede de esgotos (D_{If3}), os dados apresentam-se no seguinte quadro

Quadro 13. Distâncias do local de construção para o calculo de índice de acessibilidade a infraestruturas

a.	DIf1	10	m	Rede elétrica
b.	DIf2	10	m	Rede de água
c.	DIf3	10	m	Rede de esgotos

Estes valores foram assumidos tendo em conta que a edificação se encontra já construída, e conta atualmente com o fornecimento para cada uma destas redes, pelo tanto tomaram-se os mesmos valores do que a melhor prática. Tendo em conta que a distância para a prática convencional é de 30m para cada um, foi calculado o índice $\overline{I_{AI}}$ Normalizado, obtendo um valor de 1.

Na terceira e ultima parte foi calculado o índice de localização sustentável (I_{LS}) que é o resultado da media entre os índices calculados na primeira e a segunda parte, obtendo assim um valor de **1.08**, pelo tanto atingiu-se um nível de desempenho **A+**, para este indicador

4.2.3. C3-Energia

Esta categoria está conformada por três indicadores, o consumo de energia com um peso de 43%, o indicador de energias renováveis com um 29%, e por último, a gestão de sistemas mecânicos, com o restante peso de 29%, os cálculos de cada um destes indicadores é apresentado a seguir.

Quadro 14. Categoria III, seus indicadores e seus respectivos pesos

Categoria	No.	Indicador	Peso na categoria
C3: Energia	7	Consumo de energia	43
	8	Energias renováveis	29
	9	Gestão de sistemas mecânicos	29

4.2.3.1. I7-Consumo de Energia

O objetivo deste indicador é promover a redução do consumo de energia nos edifícios através da utilização de soluções passivas e de equipamentos eficientes.

No manual SBTOOL estão apresentados dois procedimentos para calcular este indicador, o primeiro para os edifícios abrangidos pela RCCTE, e o segundo para os edifícios abrangidos pela RSECE. No caso do museu em estudo foi avaliado energeticamente pelo RECS, sendo esta a legislação que abrange atualmente os edifícios de serviços, por isso, neste caso os cálculos diferem dos apresentados no manual SBTOOL-P.

Neste caso os valores para o desempenho do museu, e para um edifício convencional foram tomados do certificado energético, tendo um valor de 236.9 para o Indicador de eficiência energética (IEE), e na prática convencional um valor de 224.1. Para o valor de melhor prática foi aplicado o princípio que diz que este deve consumir um 25% da prática convencional, obtendo assim um valor de 56.03. No final com estes valores se fez a normalização do C_{EN} obtendo um valor de **-0.08**, atingindo um nível **E**.

4.2.3.2. I8-Energias renováveis

O objetivo deste indicador é promover a redução do consumo de energia nos edifícios através da instalação de sistemas que permitam a produção de energia através de fontes renováveis.

Bem como no indicador P7, no manual SBTOOL estão apresentados dois procedimentos para calcular este indicador, o primeiro para os edifícios abrangidos pela RCCTE, e o segundo para os edifícios abrangidos pela RSECE.

Para avaliar este indicador no edifício em estudo teve de ser aplicado o seguinte procedimento:

Primeiro foi determinada a quantidade de energia produzida anualmente no edifício através de fontes renováveis (P_{REN}) mediante a seguinte equação

$$P_{ren} = \frac{E_{solar}}{F_{pu}} + \frac{E_{ren}}{F_{pu}} \quad (5)$$

Tendo em conta que E_{solar} – contribuição dos sistemas de coletores solares para a preparação de AQS, E_{ren} – contribuição de quaisquer outras formas de energias renováveis, E F_{pu} é um fator de conversão das fontes de energia para energia primaria, neste caso com um valor de 2.5. Os valores de E_{solar} e E_{ren} são obtidos da certificação energética.

O passo seguinte foi calcular a quantidade de energia produzida anualmente num edifício convencional de características similares (P_{REN*} , isto foi quantificado utilizando a seguinte equação

$$P_{REN*} = 50\% \times \frac{Q_{AQS}}{F_{pua}} = \quad (6)$$

Sendo Q_{AQS} a quantidade de energia útil despendida no sistema de preparação de AQS, cujo valor foi obtido também do certificado energético.

Depois, foi calculado o valor da melhor prática da energia produzida anualmente a partir de fontes renováveis (P_{REN}^*), utilizando a seguinte equação

$$P_{REN}^* = 20\% \times \left(\frac{IE_{Enom}}{F_{pu}} + \frac{E_{solar}}{F_{pu}} + \frac{E_{REN}}{F_{pu}} \right) = \quad (7)$$

Sendo IE_{Enom} o consumo nominal total de energia primária, que também foi obtido do certificado energético. E por último com os valores da melhor prática e a prática convencional foi calculado o valor normalizado ($\overline{P_{REN}}$). Todos os valores calculados são apresentados nos quadros a seguir

Quadro 15. Valores utilizados no calculo da quantidade de energia produzida a partir de fontes renováveis.

Esolar	0	Kwh/ano
Eren	0	kwh/ano
Fpu	2.5	
Pren	0	Kwh/ano
IEEnom	1333478	Kwhep/ano
Qa	12423	Kwh/ano
Fpua	2.5	

Quadro 16. Calculo do valor normalizado da energia produzida, utilizando os valores da melhor prática e a prática convencional

$P_{ren,}$	2484.6	Kwh/ano
P_{ren}^*	106678.24	Kwh/ano
$\overline{P_{Ren}}$	-0.024	

O valor normalizado obtido foi **-0.024**, pelo tanto o nível de desempenho atingido neste indicador foi **E**.

4.2.3.3. I9-Gestão de sistemas mecânicos

O objetivo deste indicador é promover uma adequada gestão dos sistemas mecânicos ao longo do ciclo de vida do edifício. Para o cálculo do desempenho deste indicador deve ser determinado o valor do Potencial de Gestão dos Sistemas Mecânicos (P_{GS}) através do preenchimento do **Anexo III**. O P_{GS} é obtido através do somatório de todos os créditos verificados no edifício do

conjunto de créditos apresentados. Os créditos obtidos neste indicador foram atribuídos graças à informação apresentada no certificado energético.

Para este indicador os valores da melhor prática e a convencional são de 10 créditos e 100, respetivamente, pelo tanto o valor normalizado obtido foi de **0.33**, atingindo um desempenho **E**.

4.2.4. C4-Materiais, Resíduos sólidos e Gestão de Recursos

Como já foi referido na metodologia, esta categoria está composta por cinco indicadores, mas o terceiro (Resíduos sólidos de construção e demolição) não foi tido em conta e seu peso foi redistribuído nos outros quatro indicadores da categoria, portanto os pesos resultantes para cada um dos quatro indicadores são os seguintes:

Quadro 17. Categoria IV, seus indicadores e seus pesos.

Categoria	No.	Indicador	Peso na categoria
C4: Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos	10	Materiais reutilizados	21
	11	Materiais com conteúdo reciclado	42
	12	Resíduos sólidos de construção e demolição	0
	13	Gestão ambiental	21
	14	Flexibilidade e adaptabilidade	16

4.2.4.1. I10-Materiais reutilizados

O objetivo deste indicador é promover e premiar a utilização de materiais reutilizados no edifício. Sua análise é feita mediante o cálculo da percentagem em custo de materiais e produtos utilizados em obra que são reutilizados (P_{CREU}), através da equação abaixo.

$$P_{CREU} = \frac{C_{REU}}{C_{TOT}} \quad (8)$$

Sendo o C_{REU} – Custo dos artigos correspondentes aos materiais e elementos construtivos que serão reutilizados (C_{REU}). Este valor corresponde ao somatório do custo dos seguintes itens:

- Materiais ou elementos construtivos pré-existent no local de construção que serão reutilizados. Se o Mapa de Orçamentos não contemplar o valor destes itens, na falta de melhor metodologia atribuir aos mesmos o custo que teriam se fossem produzidos de novo;

Materiais ou elementos construtivos provenientes de desconstruções situadas fora do local de implantação.

C_{TOT} – Valor total do orçamento dos materiais de construção

O valor da prática convencional para a percentagem em custo de materiais e produtos utilizados em obra que são reutilizados (P_{CREU+}) é de 0%, enquanto o valor da melhor prática para a percentagem em custo de materiais e produtos utilizados em obra que são reutilizados (P_{CREU}^*) é de 15%. Devido à reutilização de toda a estrutura o comportamento do edifício foi assumido como a melhor prática, os resultados estão apresentados no quadro a seguir:

Quadro 18. Cálculo da percentagem de materiais reutilizados, e do seu valor normalizado

CREU	15	%
CTOT	100	%
Pcreu	15	%
P_{creu}^*	0	%
Pcreu*	15	%
$\overline{P_{creu}}$	1.000	

Como pode observa-se o valor normalizado foi de **1**, noutras palavras, o desempenho atingido neste indicador foi **A**.

4.2.4.2. I11-Materiais com conteúdo reciclado

Seu objetivo é promover a reciclagem de materiais e a utilização de materiais com conteúdo reciclado. O processo de cálculo é similar ao anterior indicador anterior, o primeiro passo é calcular a percentagem em custo de materiais com conteúdo reciclado (P_{REC}) através da seguinte equação:

$$P_{REC} = \frac{C_{REC}}{C_{TOT}} \quad (9)$$

Tendo em conta que o C_{REC} – Custo de materiais com conteúdo reciclado acima do convencional calculado de acordo com a Tabela 11.1 do Manual de avaliação da sustentabilidade SBTOOL-P para edifícios de serviços. E o C_{TOT} – Custo total dos materiais utilizados em obra.

O valor da prática convencional para a percentagem em custo de materiais com conteúdo reciclado (P_{REC*}) é de 0%. E o valor da melhor prática para a percentagem em custo de materiais com conteúdo reciclado (P_{REC}^*) é de 10%. Por último se faz a normalização da percentagem em custo e assim encontrar o nível de desempenho neste indicador.

Devido à falta de informação fornecida respeito aos materiais utilizados com conteúdo reciclado no edifício, este indicador será assumido com o valor da prática convencional, noutras palavras terá uma percentagem de **0%** e um desempenho **D**.

4.2.4.3. I13-Gestão ambiental

O objetivo deste indicador é promover a adoção de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e uma adequada gestão de recursos durante a fase de utilização do edifício. Para a análise deste indicador é necessário determinar o valor do Potencial do edifício para a existência de uma adequada gestão ambiental (P_{GA}) através do preenchimento do **Anexo IV** tendo em conta que:

Caso o Edifício possua um Sistema de Gestão Ambiental certificado a avaliação deverá ser efetuada através do somatório dos créditos apresentados na coluna A do **Anexo IV**. Caso contrário, deverão ser contabilizados os créditos apresentados na coluna B.

O valor da prática convencional para o potencial do edifício para a existência de uma adequada gestão ambiental (P_{GA*}) é de 30, e o valor da melhor para o potencial do edifício para a existência de uma adequada gestão ambiental (P_{GA}^*) é de 120. Por último se fez a normalização utilizando a somatória dos créditos, e obteve-se um valor de **-0.27**, atingindo um nível **E** neste indicador.

4.2.4.4. I14-Flexibilidade e Adaptabilidade

O objetivo deste indicador é promover a adoção de soluções construtivas e de processos de construção que permitam uma maior facilidade na alteração de usos do edifício, em obras de

reparação e desmantelamento. O método de cálculo consiste em determinar o potencial de flexibilidade e adaptabilidade do edifício (P_{FA}) através do preenchimento do **Anexo V**.

Tendo em conta que o valor da prática convencional para o potencial de flexibilidade e adaptabilidade do edifício (P_{FA*}) é de 11, e o valor da melhor para o potencial de flexibilidade e adaptabilidade do edifício (P_{FA}^*) é de 40. O passo a seguir foi calcular o valor normalizado do potencial de flexibilidade e adaptabilidade do edifício ($\overline{P_{FA}}$) utilizando a somatória de créditos obtida, cujo valor obtido foi de **1.03** atingindo um nível de desempenho **A+** neste indicador.

4.2.5. C5-Água

Esta categoria está composta por três indicadores, o primeiro é o consumo de água, o segundo é a reciclagem e tratamento de água, e o último é o sistema de gestão de águas pluviais, seus pesos apresentam-se no quadro seguinte.

Quadro 19. Categoria V, seus indicadores e respectivos pesos

Categoria	No.	Indicador	Peso na categoria
C5: Água	15	Consumo de água	44
	16	Reciclagem e tratamento de água	44
	17	Sistema de Gestão de águas pluviais	11

4.2.5.1. I15-Consumo de água

O objetivo deste indicador é promover a redução do consumo de água no interior dos edifícios na fase de utilização, através da utilização de sistemas eficientes. O cálculo deste indicador é um processo com muitos passos, os quais se vão a apresentar a seguir, com pequenas variações respeito ao que diz no manual SBTOOL devido às características que o edifício possui e as informações fornecidas pelo museu. Estes passos estão divididos em três partes:

A primeira parte consta de prever o consumo médio anual de água no edifício (P_{CA}), para isto deve-se:

Calcular o consumo médio anual de água no interior do edifício (P_{AINT}), através do preenchimento do **Anexo VI**, multiplicando o consumo unitário médio de cada dispositivo (1), pelo número de utilizações diárias do dispositivo por utilizador (2), pelo número de utilizadores afetos a cada dispositivo (3) e o número médio anual de dias de funcionamento do dispositivo (4). Após este cálculo para cada tipo de dispositivos existentes no edifício, somam-se os seus consumos de forma a determinar o consumo total anual no interior do edifício; O consumo unitário médio de cada dispositivo deve ser consultado nas fichas técnicas do fabricante, como nosso caso há ausência destes valores, vão usar-se como método de previsão os valores apresentados no manual SBTOOL-P para dispositivos convencionais.

A diferença com o procedimento convencional apresentada no manual SBTOOL foi que neste caso já é conhecido o valor do consumo de água anual no Museu, pois foram recoletados as faturas durante o período 5/2016-9/2017, obtendo assim a média do consumo anual real do museu. Outra diferença respeito ao procedimento no manual foi a diferenciação do numero de utilizações dos trabalhadores do museu, os quais vão ter um maior numero, do que o numero de utilizações por parte dos visitantes do museu, cuja permanência media é de duas horas e meia. Os resultados obtidos estão apresentados no **Anexo VI**, e os cálculos feitos para obter a media anual do consumo (que foi aproximada para o calculo do numero de utilizações) estão apresentados no Quadro 20.

Quadro 20. Media anual do consumo de água obtida a partir das faturas

Leituras de consumo da água no museu		
Ano	Mês	Vol. (m3)
2016	5	294
2016	6	314
2016	7	378
2016	8	444
2016	9	428
2016	10	382
2016	11	355
2016	12	344
2017	1	237
2017	2	322
2017	3	281
2017	4	380
2017	5	338
2017	6	348
2017	7	418
2017	8	398

2017	9	447
Média anual		4311.52941

- Depois há de calcular-se o consumo médio anual nos dispositivos de rega dos espaços exteriores (P_{AEXT}). No caso em estudo o consumo é de 0 pois não existem áreas de espaços verdes com sistemas destinados a rega destes espaços exteriores. O último passo da primeira parte consiste em calcular o consumo total anual do edifício (P_{CA}) somando o consumo de água no interior (P_{AINT}) com o consumo de água no exterior (P_{AEXT}), portanto tendo em conta que o P_{AEXT} é 0, o P_{CA} terá o mesmo valor do P_{AINT} , noutras palavras há um consumo anual de 4200.77 m³.

A segunda parte da avaliação deste indicador consiste no cálculo do consumo médio anual de água no edifício respeitante à prática convencional (P_{CA*}), devido a que na primeira parte todos os consumos por utilização foram tidos em conta com os valores convencionais, nesta parte obteve-se o mesmo consumo anual para um edifício convencional, dito de outra forma, o consumo anual do museu é convencional por tanto ambos consumos são de 4200.77 m³.

A terceira parte consiste em calcular o consumo médio anual de água no edifício respeitante à melhor prática (P_{CA*}), este procedimento é igual do que o procedimento na primeira parte, com a diferença dos consumos por utilização nos dispositivos, no **Anexo VII** apresentam-se os resultados obtidos.

O ultimo passo consiste em calcular o valor normalizado do consumo médio anual de água no edifício (P_{CA}), o resultado obtido foi de 0 devido a que a prática convencional e o consumo do museu são iguais, pelo tanto atingiu-se um nível de desempenho **D**.

4.2.5.2. I16-Reciclagem e tratamento de água

O objetivo deste indicador é promover a redução do consumo de água no interior dos edifícios na fase de utilização, através da utilização de dispositivos de reciclagem e reutilização de águas pluviais, freáticas ou cinzentas. O procedimento a seguir começa com o cálculo da Percentagem de Redução de Consumo de Água (P_{RCA}), para isto é necessário seguir os seguintes passos:

Calcular o volume de águas cinzentas recicladas (V_{AC}), através da seguinte equação:

$$V_{AC} = V_{DD} \times C \quad (10)$$

Sendo V_{DD} o somatório da captação anual (l/ano) nos dispositivos de utilização que drenam para o sistema de reciclagem e é determinado em função dos valores utilizados no **Anexo VI** do indicador 15. C é o coeficiente que permite quantificar as perdas nos dispositivos de utilização e no sistema de reutilização utilizado, como neste caso é um valor desconhecido se considera o valor de 0.8. Depois deve-se calcular o volume de águas que são tratadas até atingirem um nível de qualidade terciário (V_{AT}) antes de serem libertadas em coletor público e assim poder calcular o volume de águas pluviais aproveitadas para reciclagem (V_{AP}) através da seguinte equação:

$$V_{AP} = V_{DA} \times C_{SAT} \quad (11)$$

A seguir deve-se calcular a percentagem de águas recicladas e tratadas (P_{AR}) e adicionalmente, a percentagem de redução de consumo de água com recurso a águas pluviais, freáticas ou cinzentas (P_{RCA}), tendo em conta o consumo anual de água no interior do edifício quantificado no indicador anterior, inserindo estes dados nas seguintes equações

$$P_{AR} = \frac{V_{AC} + V_{AP} + V_{AT}}{P_{CA}} \quad (12)$$

$$P_{RCA} = \frac{V_{AC} + V_{AP}}{P_{CA}} = \quad (13)$$

Os resultados obtidos apresentam-se no seguinte quadro:

Quadro 21. Cálculos e resultados na quantificação da percentagem de águas recicladas e tratadas e a percentagem de redução de consumo de água

VDD	0	l/ano
C	0.8	
VAC	0	l/ano
VAT	0	L/ano
VDA	0	L/ano
CSAT	0	%
VAP	0	L/ano
PCA	4200773	l/ano
PAR	0	%
PRCA	0	%

Enquanto às práticas de referencia, deve-se calcular a prática de referência de melhor prática (P_{AR}^*) que corresponde a uma situação em que 100% do volume de água consumida nas bacias de retere é proveniente da reciclagem de águas cinzentas ou do aproveitamento de águas pluviais ou freáticas. Enquanto à prática convencional ($P_{AR,*}$) corresponde a uma percentagem

de reciclagem e tratamento de água em relação ao consumo total igual a zero. Os valores das práticas apresentam-se no seguinte quadro.

Quadro 22. Práticas de referência na reciclagem e tratamento de água

VBR	1525875	L/ano
P _{AR} *	0	%
PAR*	36.32367186	%

Por último se fez a normalização da percentagem de águas recicladas e tratadas no edifício ($\overline{P_{AR}}$), cujo valor obtido foi de **0**, pois no edifício não existe nenhum sistema de tratamento de reciclagem e tratamento de água, por tanto iguala a prática convencional atingindo um nível **D**.

4.2.5.3. I17-Sistema de gestão de águas pluviais

O objetivo deste indicador é assegurar a recarga dos aquíferos e diminuir o caudal de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais. A quantificação deste indicador divide-se em três partes, a primeira é o cálculo do índice de impermeabilização (I_{IMP}), através da equação seguinte

$$I_{IMP} = \frac{A_{IMP}}{A_{TOT}} = \quad (14)$$

Tendo em conta que A_{IMP} é a área da superfície do terreno impermeabilizado em projeção horizontal. Na determinação desta área deve ser tido em conta o seguinte: se as edificações tiverem cobertura ajardinada, considerar apenas 50% da sua área para a superfície do terreno impermeabilizado. Áreas revestidas com grelhas de arrelvamento são consideradas 100% permeáveis. Áreas revestidas com cubos de pedra são consideradas 100% impermeáveis. E A_{TOT} significa a área total do terreno em projeção horizontal, o resultado apresenta-se no quadro seguinte.

Quadro 23. Cálculo do índice de impermeabilização

Aimp	5027.37	m ²
Atot	6121.61	m ²
I imp	82.12496386	%

A normalização nesta primeira parte do calculo é feita com um valor de 70% para a prática convencional do índice de impermeabilização, e um valor de 35% para a melhor prática, obtendo assim um valor de **-0.35** no $\overline{I_{imp}}$.

A segunda parte consiste no cálculo do sistema de drenagem de águas pluviais, o primeiro passo é a determinação no projeto de águas pluviais o tempo de retorno do caudal de ponta de cheia para o qual o sistema de drenagem de águas pluviais foi dimensionado (T_R). No caso do museu como não há informação no projeto de drenagem do seu valor e os espaços permeáveis da bacia hidrográfica não são muitos e são densamente edificadas, o tempo de retorno assumido é de 20 anos.

Depois deve-se identificar o tempo de retorno definido no Regulamento Municipal relativo aos sistemas de drenagem de águas pluviais, para o qual os sistemas da zona em que se insere o edifício devem ser dimensionados. Devido a ausência dos valores definidos por Regulamento se utiliza como prática convencional um Tempo de Retorno igual a 10 anos. Além, O valor da melhor prática para o tempo de retorno do caudal de ponta de cheia para o qual o sistema de drenagem de águas pluviais foi dimensionado (T_R^*) é de 20 anos. Portanto o valor normalizado calculado na segunda parte para o tempo de retorno ($\overline{T_R}$) é de 1.

Por último se determinou o valor do Potencial do edifício para a gestão de águas pluviais ($\overline{P_{GAP}}$) através da equação seguinte

$$\overline{P_{GAP}} = \frac{\overline{P_{IMP}} + \overline{T_R}}{2} = \frac{-0.35 + 1}{2} = 0.327 \quad (15)$$

Por tanto o nível atingindo no potencial do edifício para a gestão de águas pluviais é C.

4.2.6. C6-Conforto e saúde dos utilizadores

Nesta categoria estuda-se o conforto e a saúde dos diversos utilizadores do edifício, tendo em conta os trabalhadores e os visitantes do museu, em diversos aspetos como a qualidade do ar interior, o conforto térmico, o conforto lumínico, e o conforto acústico, os pesos de cada um dos indicadores nesta categoria se apresentam no seguinte quadro

Quadro 24. Categoria VI, seus indicadores e determinados pesos

Categoria	No.	Indicador	Peso na categoria
C6: Conforto e saúde dos utilizadores	18	Qualidade do ar interior	24
	19	Conforto térmico	32

	20	Conforto lumínico	25
	21	Conforto acústico	19

4.2.6.1. I18-Qualidade do ar interior

O objetivo neste indicador é promover um nível adequado de qualidade do ar no interior dos edifícios. Como o método de cálculo deste indicador difere para as fases de anteprojeto, projeto ou construção e para a fase de utilização, seguindo as indicações do manual SBTOOL-P para edifícios de serviços, é utilizado o processo de cálculo B, que é para edifícios em fase de utilização.

O primeiro passo é determinar o nível de qualidade do ar interior (P_{QAI}) através dos passos indicados nos pontos que se seguem.

- Determinar as concentrações dos seguintes poluentes no interior do edifício através da consulta do relatório da auditoria realizada à qualidade do ar interior: Concentração de partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a $10\ \mu\text{m}$ (P_{PM10}); Concentração de dióxido de carbono (P_{CO2}); Concentração de monóxido de carbono (P_{CO}); Concentração de ozono (P_{O3}); Concentração de formaldeído (P_{FMD}); Concentração de compostos orgânicos voláteis (P_{COV}); Concentração de microrganismos - bactérias (P_{BAC}); Concentração de microrganismos - fungos (P_{FUN}); Concentração de radão (P_{RAD}); Concentração de *legionella* (P_{LEG}).
- Calcular o valor normalizado relativo à concentração de cada poluente em avaliação através do preenchimento do Quadro 25, por comparação entre a concentração de cada poluente e as práticas de referência, devido à falta de dados sob a concentração de cada tipo de gás no museu, foram tomadas as concentrações da prática convencional, como se mostra no quadro a seguir.

Quadro 25. Determinação do valor normalizado relativo à concentração dos vários poluentes avaliados

Gás	Concentração de gás (P_I)	Prática convencional (P_C)	Melhor prática (P_M)	Valor normalizado $\frac{P_I}{P_I}$
PPM10 (mg/m ³)	0.15	0.15	0.075	0

PCO ₂ (mg/m ³)	1800	1800	800	0
PCO (mg/m ³)	12.5	12.5	6.25	0
PO ₃ (mg/m ³)	0.2	0.2	0.1	0
PFMD (mg/m ³)	0.1	0.1	0.05	0
PCOV (mg/m ³)	0.6	0.6	0.3	0
PBAC (UFC)	500	500	250	0
PFUN (UFC)	500	500	250	0
PRAD (Bq/m ³)	400	400	200	0
PLEG (UFC)	100	100	50	0
$\sum P_i$				0

- Calcular o nível de qualidade do ar no interior do edifício ($\overline{P_{QAI}}$) através do preenchimento da seguinte equação:

$$\overline{P_{QAI}} = \frac{\sum P_i}{n} = \quad (16)$$

Neste caso foi utilizado um n de 8 devido a que não foram analisados os teores de radão nem da legionella, portanto o valor obtido do nível de qualidade de ar foi **0**, atingindo um nível **D**.

4.2.6.2. I19-Conforto térmico

O objetivo deste indicador é promover e premiar a existência de um ambiente térmico confortável no interior dos edifícios. Para isto é necessário determinar o nível de conforto térmico durante a estação de aquecimento e de arrefecimento a través do preenchimento dos quadros do **Anexo VIII** e do **Anexo IX**, utilizando a seguintes equações para a estação de aquecimento, e de arrefecimento, respetivamente.

$$\overline{P_{CTI}} = \frac{\sum \overline{P_{CTI_i}} \times A_i}{\sum A_i} \quad (17)$$

$$\overline{P_{CTV}} = \frac{\sum \overline{P_{CTV_i}} \times A_i}{\sum A_i} = \quad (18)$$

Estes quadros foram preenchidos com os valores da temperatura operativa media obtida a partir da modelação fornecida pelo museu no programa Energy Plus, obtendo assim todas as temperaturas em todos os espaços do edifício em estudo, além os valores das práticas de referência foram obtidos da norma EN15251, para os diferentes tipos de compartimento.

Os valores obtidos do $\overline{P_{CTI}}$ e o $\overline{P_{CTV}}$ foram -0.13 e -0.03, respetivamente. Depois determinou-se o nível de conforto térmico médio anual ($\overline{P_{CT}}$), identificando no Quadro III.1 do Anexo III do RCCTE (Decreto-lei 80/2006) a duração da estação de aquecimento correspondente ao concelho onde será implantado o edifício – dei (meses). E determinando o nível de conforto térmico médio anual ($\overline{P_{CT}}$), através da seguinte equação:

$$\overline{P_{CT}} = \frac{\overline{P_{CTI}} \times d_{ei} + \overline{P_{CTV}} \times 4}{d_{ei} + 4} = \quad (19)$$

O d_{ei} tomado foi de 5.3 meses, pois é o valor fornecido para a zona de Lisboa, obtendo assim um valor normalizado do nível de conforto térmico medio anual de **-0.087**, atingindo um nível E de desempenho neste indicador.

4.2.6.3. I20-Conforto lumínico

O objetivo deste indicador é promover a adoção de medidas para melhorar os níveis de conforto lumínico no edifício. O procedimento a seguir para o calculo está dividido em três partes (A, B e C). A primeira parte corresponde ao calculo dos níveis de iluminância fornecidos por iluminação natural em todos os compartimentos do edifício onde houver ocupação. Importa sublinhar que neste indicador vai-se calcular somente o conforto lumínico para os escritórios, pois as exposições têm suas próprias iluminações, as quais variam dependendo do que se quera transmitir em cada uma delas, pelo tanto a avaliação destas deixa de ser objetivo e passa a ser subjetivo. O Calculo do Fator luz dia médio (FLDM) é de acordo com a seguinte equação

$$\overline{FLDM} = \frac{M \cdot W \cdot \theta \cdot T}{A(1 - R)^2} \quad (20)$$

Onde “W” é a área total da área envidraçada das janelas ou claraboias, “A” é a área total de todas as superfícies interiores do compartimento (teto, pavimento, paredes e janelas), “R” é a média ponderada da refletância das superfícies interiores do compartimento, em função da área, “M” é o fator de correção que permite traduzir a sujidade do envidraçado, “T” é o fator de transmissão da luz visível do vidro, “ θ ” é o ângulo do céu visível, o qual Corresponde ao ângulo

formado pelos planos inferior e superior que delimitam a área visível do céu a partir do centro da janela do compartimento (A Figura 57 ilustra o significado do ângulo do céu visível). “Hw” significa a altura do envidraçado da janela. “Tw” é a espessura da parede, “D” é a distância da janela à obstrução, “H” é a altura da obstrução acima do plano horizontal que passa a meia altura da janela. Estes parâmetros são calculados com as seguintes equações

$$\theta = 90 - \alpha - \beta \quad (21)$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{D} \quad (22)$$

$$\tan \beta = \frac{T_w}{H_w} \quad (23)$$

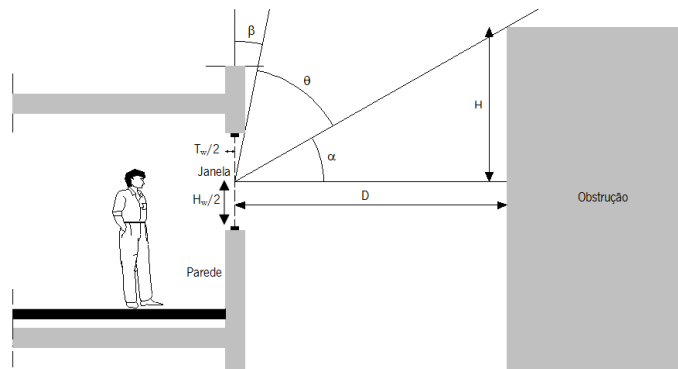


Figura 57. Ângulo do céu visível

Os resultados obtidos estão apresentados no **Anexo I**.

O passo a seguir é determinar, para cada um dos compartimentos em análise, os níveis de iluminância médios anuais através de iluminação natural (P_{NAT}) através da seguinte equação

$$P_{NAT} = \overline{FLDM} \times ILM_{EXT} \quad (24)$$

Onde ILM_{EXT} representa os níveis de iluminância médios diários anuais durante os horários de sol para Portugal. O valor a utilizar para a região Centro de Portugal é de 7900 Lux. Portanto, os resultados obtidos foram os seguintes:

Quadro 26. Cálculo para os níveis de iluminância médios anuais através de iluminação natural

ILM	7900
FLDM	0.002835193
PNAT	22.39802202

Na parte B foram calculados os níveis de iluminância fornecidos por iluminação artificial (P_{ART}) para cada um dos compartimentos analisados na parte A através da seguinte equação

$$P_{ART} = \frac{\sum FLL}{A_i} \quad (25)$$

Sendo $\sum FLL$ o somatório dos valores de fluxo luminoso (lúmenes) correspondentes aos dispositivos de iluminação existentes em cada compartimento, e “ A_i ” a área de cada compartimento. Obteve-se um valor medio de lumens de 341.52 Lux, tal e como apresenta-se no **Anexo X** No passo C, o último, foram calculados os níveis de iluminância médios diários anuais de cada compartimento contabilizando iluminação natural e artificial, para isto primeiro se determinou o número de horas diárias de funcionamento do edifício (N_{HOR}), que no edifício em estudo são 8, depois foi determinado o número de horas em que se recorre em exclusivo à iluminação artificial (N_{ART}) através da equação abaixo, onde o numero de horas obtido foi de 1.15 horas/dia:

$$N_{ART} = N_{HOR} - \frac{2500}{365} \quad (26)$$

A seguir, para cada compartimento, calcular os níveis de iluminância médios diários anuais (P_{ILUI}) através da seguinte equação, obtendo um valor de 581.58:

$$P_{ILUI} = (P_{NAT} + 50\% \times P_{ART}) \times \frac{2500}{365} + P_{ART} \times N_{ART} \quad (27)$$

As práticas de referência utilizadas foram de 500 para a convencional, e 750 para a melhor prática, no caso dos escritórios, as restantes se podem observar no **Anexo X**, com tudo isto no final obteve-se um valor normalizado de **0.51** obtendo um nível **D** de desempenho no indicador.

4.2.6.4. I21-Conforto acústico

O objetivo deste indicador é promover a adoção de soluções que permitem um nível de conforto acústico elevado, de modo a melhorar o conforto acústico dos ocupantes. O cálculo deste indicador está dividido em 5 partes (A-B-C-D-E) as quais se apresentam a seguir:

A parte a consiste na quantificação do nível de conforto acústico a sons de condução aérea entre o exterior e escritórios ou refeitórios, para realiza-lo deve-se identificar no projeto de acústica o índice de isolamento a sons de condução aérea ($D_{2m,nT,w}$) do elemento de separação mais desfavorável entre o exterior e escritórios ou refeitórios, tendo em conta que a melhor prática é uma diminuição de 36 DB e a prática convencional tem valores de 30 dB e 25 dB, para zonas de escritórios e as restantes, respetivamente, calcula-se o valor do nível de conforto acústico a sons de condução aérea entre o exterior e escritórios ou refeitórios de estar dos fogos.

A parte B corresponde à Quantificação do nível de conforto acústico a sons de percussão em escritórios ou em recintos com vocação similar sob pavimentos de outros locais do edifício, o primeiro passo no seu calculo foi identificar no projeto de acústica o índice de isolamento a sons de percussão em escritórios ou recintos com vocação similar sob pavimentos de outros locais do edifício, além, tendo em conta que a melhor e a prática convencional são 57 e 60, respetivamente, determinou-se o valor do nível de conforto acústico a sons de percussão em escritórios ou recintos com vocação similar sob pavimentos de outros locais do edifício.

A parte C corresponde à Quantificação do nível de conforto acústico ao tempo de reverberação em escritórios ou refeitórios com volume maior ou igual a 100 m³. Onde se identificou no projeto de acústica o tempo de reverberação em escritórios ou refeitórios com volume maior ou igual a 100 m³ (T), e calcularam-se as práticas de referência para assim calcular o valor normalizado deste parâmetro.

A quarta parte, corresponde à quantificação do nível de conforto acústico ao nível de avaliação de ruído em locais situados no interior do edifício onde se exerçam atividades que requeiram concentração e sossego. O primeiro passo é identificar no projeto de acústica o nível de avaliação de ruído em locais situados no interior do edifício onde se exerçam atividades que requeiram concentração e sossego. Depois, tendo em conta que as práticas de referencia são 34 e 37, para a melhor e a convencional, respetivamente, calculou-se o valor normalizado do nível de conforto acústico.

Por ultimo, na parte E, se fez a quantificação do nível de conforto acústico do edifício, após a determinação dos níveis de conforto acústico ao nível de cada requisito existente no RRAE, calculou-se o Nível Médio de Conforto Acústico ($\overline{P_{CA}}$) do edifício, através da seguinte equação:

$$\overline{P_{CA}} = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{P_i}}{n} = \quad (28)$$

Onde n é o número de requisitos que se aplicam ao edifício segundo o RRAE e $\overline{P_i}$, é o nível de conforto acústico do requisito i .

Para este indicador foram assumidos todos os valores iguais aos valores da prática convencional, isto devido à falta de informação respeito aos desenhos acústicos do edifício em estudo. Portanto, o valor obtido do nível medio de conforto acústico foi de **0**, noutras palavras obteve-se um nível **D** para este indicador.

4.2.7. C7-Acessibilidade

Esta categoria tem como prioridade promover medidas que permitam uma adequada mobilidade para pessoas com mobilidade condicionada nos edifícios a avaliar. Só tem um indicador, que é o indicador 22, plano de mobilidade, pelo tanto este indicador tem o 100% do peso desta categoria. A seguir apresenta-se seu cálculo.

4.2.7.1. I22-Plano de mobilidade

Seu objetivo é promover um plano de mobilidade sustentável e promover medidas que permitam uma adequada mobilidade para pessoas com mobilidade condicionada. Seu processo de cálculo consiste em determinar o valor do Potencial do edifício para a promoção de um adequado plano de mobilidade (P_M), através do preenchimento do **Anexo IX** dos critérios verificados no edifício.

A prática de referência de prática convencional (P_{M*}) corresponde a um Potencial do edifício para a promoção de um adequado plano de mobilidade igual a 20. Para a prática de referência de melhor prática (P_M^*) corresponde a um Potencial do edifício para a promoção de um adequado plano de mobilidade igual a 100. Depois de calcular o valor normalizado da produção de energias renováveis no edifício ($\overline{P_M}$), utilizando a equação de abaixo, determinou-se que o museu possui um bom desempenho neste indicador atingindo um nível **A**, graças ao valor de **0.88** obtido neste cálculo.

$$\overline{P_M} = \frac{P_M - P_{M*}}{P_M^* - P_{M*}} \quad (29)$$

4.2.8. C8-Segurança

Esta é a última categoria da dimensão social, tendo como objetivo implementar medidas que garantem a segurança dos utilizadores dos edifícios a avaliar. Nesta categoria, ao igual que na anterior, só existe um indicador, neste caso o indicador 23-segurança dos ocupantes, cujo cálculo será apresentado a seguir.



4.2.8.1. I23-Segurança dos ocupantes

O objetivo deste indicador é promover e valorizar a implementação de medidas que garantam a segurança dos ocupantes. Seu cálculo começa com determinar o valor do Potencial do edifício para a promoção de um nível de segurança adequado para os seus ocupantes (P_{so}), através da relação entre a contabilização no **Anexo XII** dos critérios verificados no edifício e os créditos totais.

O valor da prática convencional para o potencial do edifício para a promoção de um nível de segurança adequado para os seus ocupantes (P_{so*}) é de 30%. Para o valor da melhor prática para o potencial do edifício para a promoção de um nível de segurança adequado para os seus ocupantes (P_{so}^*) é de 90%. Depois de calcular o valor normalizado do potencial do edifício para a promoção de um nível de segurança adequado para os seus ocupantes ($\overline{P_{so}}$), Determinou-se que o museu também possui um bom desempenho neste indicador atingindo um nível **B**, graças ao valor de **0.58** obtido neste calculo.

4.2.9. C9-Custos de ciclo de vida

Está é a única categoria da dimensão económica, pelo tanto tem o 100% do peso desta dimensão, tendo só um indicador, que é custos de ciclo de vida, pelo tanto toda a dimensão e regida por este indicador, seu calculo é apresentado a seguir.

4.2.9.1. I24-Custos de ciclo de vida

O objetivo deste indicador é promover a conceção de edifícios que apresentem custos iniciais e custos de ciclo de vida reduzidos. O método de cálculo deste indicador contempla três partes. A parte A corresponde à determinação do desempenho do edifício ao nível dos custos iniciais, a parte B avalia o edifício em termos dos seus custos de operação e é separada em três partes, B1, B2 e B3. A parte B1 calcula os custos relacionados com o consumo de energia correspondendo a edifícios que estejam no âmbito do RECS; a parte B2 calcula os custos relativos ao consumo de água e a parte B3 soma os custos de operação relativos ao consumo energético e de água de forma a calcular o total de custos de operação. Por fim, a parte C soma os custos iniciais calculados na parte A e os custos de operação calculados na parte B de forma a calcular os custos de Ciclo de Vida.

Na parte A dos custos iniciais deve-se consultar o valor do custo de investimento inicial da solução em estudo (c_{IN}); Este valor corresponde ao valor de mercado (preço de venda ao público com impostos) por m^2 de área útil do edifício ou fração. No caso do museu em estudo se tomou o valor da melhor prática devido aos baixos investimentos na construção pela reutilização de toda a estrutura do edifício que se encontrava anteriormente no recinto. Tendo o custo de investimento inicial correspondente à prática convencional (c_{IN*}) um valor de 550 euros/ m^2 . E o custo de investimento inicial correspondente à melhor prática (c_{IN}^*) com um valor de 400 euros/ m^2 , pelo tanto os custos iniciais de investimento para o caso de estudo também são de 400 euros/ m^2 .

Na parte B1 os cálculos tiveram de ser modificados porque o manual não tem procedimento para edifícios abrangidos pelo RECS. Para determinar os custos associados ao Consumo Energético (CE) foram utilizadas as faturas da eletricidade desde o 06/2016 até o 08/2017. Como estas faturas estão regidas por quatro tarifas diferentes, ponta-cheias-vazio normal-supervazio. Foi feita uma media das tarifas que ao ser multiplicada pelo consumo de cada mês o valor obtido fosse próximo dos valores a pagar em cada uma das faturas. No quadro a seguir mostra-se as tarifas, com os respetivos consumos para o mês 07/2017, e as horas que cada tarifa vai atuar na media global calculada.

Quadro 27. Calculo da media da tarifa das faturas para a eletricidade

Calculo da tarifa E/kwh						
	Ponta	Cheias	Vazio normal	Super vazio	Suma	
Tarifa E/Kwh	0.05736	0.05239	0.04503	0.03856	0.05038098	3171.58315
Kwh	9180	34644	14289	4839	62952	
horas	6.25	10.22	3.84	3.69	24.00	

Quadro 28. Calculo da media anual do consumo de eletricidade do museu

Leituras de consumo da eletricidade no museu						
ano	mês	Ponta [Kwh]	Cheias [Kwh]	Vazio normal [Kwh]	Super vazio [Kwh]	Total
2016	6	9007	33730	13774	4795	61306



2016	7	10028	36725	13916	5438	66107
2016	8	8392	32077	17990	5221	63680
2016	9	8885	35054	16000	5003	64942
2016	10	10629	34744	17219	5317	67909
2016	11	5234	12364	5614	1926	25138
2016	12	13396	31880	11797	4898	61971
2017	1	12717	32248	16687	4784	66436
2017	2	11543	28010	13294	4342	57189
2017	3	11321	34236	14180	4891	64628
2017	4	7217	28154	17132	4758	57261
2017	5	8764	31997	16423	5036	62220
2017	6	8955	33490	15543	4961	62949
2017	7	9180	34644	14289	4839	62952
2017	8	8670	31908	16402	4575	61555
Media de kwh anual		115150.4	377008.8	176208	56627.2	724994.4
Total do consumo por ano Kwh		724994.4				
CE [Kwh/m ² .ano]		4.324017242				

Com a media do consumo anual de eletricidade do edifício em estudo, e a media da tarifa calculada anteriormente, foi possível calcular os custos associados ao consumo energético, neste caso foram de 4.32 Euros/m².ano. Depois se determinou o custo associado ao consumo energético referente a prática convencional com a equação de em baixo e os dados fornecidos no quadro a seguir, os quais foram obtidos da certificação energética, onde se encontraram dados da prática convencional referentes aos distintos tipos de consumo energético no edifício, os quais foram multiplicados pela tarifa quantificada anteriormente para o museu, e assim obter o custo anual associado ao consumo energético convencional.

$$CE_* = \sum Ci * Ti \quad (30)$$

Sendo C_i os diferentes tipos de consumo que estão apresentados no quadro seguinte

Quadro 29. Dados dos consumos energéticos da prática convencional

Aquecim	17	Kwh/m2.ano
Arref	42	Kwh/m2.ano
ILUM.	20	Kwh/m2.ano
AQS	1.2	Kwh/m2.ano

Outros	48.28	Kwh/m2.ano
Taquec	0.050380975	(Euro/kWh)
Tarref	0.050380975	(Euro/kWh)
Tilum	0.050380975	(Euro/kWh)
Taqs	0.050380975	(Euro/kWh)
Toutros	0.050380975	(Euro/kWh)

O CE* obtido foi de 6.47 Euros/m².ano, e para o valor da melhor prática foi tomado o 25% da prática convencional, pelo tanto o CE* foi de 1.62 Euros/m².ano.

Na parte B.2 (quantificação dos custos de operação associados ao consumo de água) utilizaram-se os valores de P_{CA} e P_{RCA}, quantificados nos indicadores 15 e 16, respetivamente, para ser inseridos na seguinte equação

$$CA = \frac{(P_{CA} \times (1 - P_{RCA})) \times T_{AC} + T_{AF} \times 12}{Au} \quad (31)$$

Tendo em conta que T_{ac} é a soma das tarifas por unidade de água consumida, que podem incluir os preços unitários para consumo de água, utilização de saneamento, tratamento de águas residuais, etc. Enquanto T_{af} é a soma das tarifas mensais fixas relativas ao consumo de água, onde podem incluir-se os preços para disponibilidade de ligação de água, disponibilidade de ligação de saneamento, disponibilidade de ligação de tratamento, entre outros. Estes valores foram obtidos das faturas fornecidas pelo edifício em estudo, no quadro a seguir apresentam-se os valores utilizados para este cálculo, e os custos de operação respeito ao consumo de água obtidos(CA):

Quadro 30. Quantificação dos custos de operação associados ao consumo de água

PCA	4311.529412	m3/ano
PRCA	0	%
TAC	1.2624	Euros/m3
TAF	2.5073	Euros/m3
Au	8447.22	m2
CA	0.64	Euros/m2.ano

Para determinar o Custo Anual da prática convencional associado ao Consumo de Água (CA_c), foi necessário quantificar o valor a pagar para o consumo de água de um edifício com condições semelhantes e operação similar, noutras palavras, um edifício de serviços ou não domésticos

com o mesmo consumo, para fazer esta quantificação utilizaram-se as tarifas fornecidas pela EPAL (mesmo fornecedor do serviço de água para o museu) multiplicando-as pelo mesmo consumo do museu, preenchendo a seguinte equação, com os valores que se apresentam no quadro a seguir:

$$\sum CA_i * Tarifai = CA_* \quad (32)$$

Quadro 31. Quantificação do custo anual associado ao consumo de água para um edifício convencional

Abastecimento	4236,142	m3/ano
Tarifa Abastecimento	1,7324	Euros/m3
Saneamento	3812,5278	m3/ano
tarifa saneamento	1,6428	Euros/m3
Resíduos	4236,142	m3/ano
Tarifa Resíduos	0,8023	Euros/m3
Tarifa de disponibilidade	94,7472	Euros
Adicional	0,1255	Euros/m3
Disponibilidade	107,2116	Euros
Au	8447,22	m2
CA _u	2,099408376	Euros/m2.ano
CA*	0,524852094	Euros/m2.ano
CA	0,637	Euros/m2.ano

Para determinar o Custo Anual da prática convencional associado ao Consumo de Água (CA*) simplesmente foi tomado o 25% da prática convencional, obtendo assim um valor de 0.534 Euros/m².ano.

Na ultima parte da quantificação do passo B teve de ser determinados os Custos de Operação (C_{OP}) através da seguinte equação

$$C_{OP} = (CE + CA) \frac{(1 + i)^n - 1}{i \times (1 + i)^n} \quad (33)$$

Onde i é a taxa Euribor a 12 meses em vigor no momento da avaliação, n é a duração prevista para o ciclo de vida do edifício (em anos). Estes valores e os custos obtidos são apresentados no quadro a seguir

Quadro 32. Custos de operação do museu

i	-0.00193	
n	50	anos
C_{OP}	350.77	Euros/m2

Depois se calcularam os valores para as práticas de referência dos custos de operação, utilizando a mesma equação anterior com a diferença de mudar o CE e CA pelos valores das práticas de referencia obtidos anteriormente. No quadro a seguir se apresentam os dois valores obtidos

Quadro 33. Práticas de referencia para os custos de operação

C_{OP}	422.72	Euros/ano
C_{OP}^*	96.15	Euros/ano

Por último se quantificaram os custos de ciclo de vida do edifício em conjunto com as práticas de convencional e a melhor prática, respetivamente, utilizando as equações de em baixo, para depois fazer a normalização dos custos do ciclo de vida, no Quadro 34 apresentam-se os resultados obtidos:

$$C_{CV} = C_{IN} + C_{OP} \quad (34)$$

$$C_{CV*} = C_{IN*} + C_{OP*} \quad (35)$$

$$\overline{C_{CV}} = \overline{C_{IN}} + \overline{C_{OP}} \quad (36)$$

Quadro 34. Custos de ciclo de vida práticas de referência, e sua normalização

C_{CV}	750.76	Euros/m2
C_{CV*}	972.76	Euros/m2
C_{CV}^*	496.15	Euros/m2
$\overline{C_{CV}}$	0.47	

Portanto neste indicador foi atingido um nível **B**.

4.2.10. Avaliação global

Com as avaliações de cada indicador feitas, o passo a seguir consiste na quantificação do desempenho do edifício ao nível de cada categoria, onde se utilizou o valor normalizado do desempenho de cada indicador multiplicado pelo seu respetivo peso local na categoria, nos quadros a seguir apresentam-se as categorias com seus respetivos cálculos do desempenho atingido.

Quadro 35. Categoria C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C1 - Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	I1	Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção	1.00	60	0.60
	I2	Efeito ilha de calor	0.87	40	0.35
			(AG.1) S = Desempenho na categoria		0.95

Quadro 36. Categoria C2-Uso do solo e biodiversidade

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C2 – Uso do solo e biodiversidade	I3	Eficiência no Uso do Solo	0.00	0	0.00
	I4	Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	1.08	100	1.08
	I5	Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	0.00	0	0.00



	I6	Percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60%	0.00	0	0.00
(AG.2) S = Desempenho na categoria					1.08

Quadro 37. Categoria C3-Energia

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C3 - Energia	I7	Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	-0.08	43	-0.03
	I8	Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	-0.02	29	-0.01
	I9	Gestão de sistemas mecânicos	0.33	29	0.10
(AG.3) S = Desempenho na categoria					0.06

Quadro 38. Categoria C4- Materiais e resíduos sólidos

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C4 - Materiais e Resíduos Sólidos	I10	Materiais reutilizados	1.00	21	0.21
	I11	Materiais com conteúdo reciclado	0.00	42	0.00
	I12	Percentagem em custo de produtos de base orgânica certificados	0.00	0	0.00
	I13	Gestão ambiental	-0.20	21	-0.04
	I14	Flexibilidade e adaptabilidade	1.03	16	0.16

			(AG.4) S = Desempenho na categoria		0.33

Quadro 39. Categoria C5- Água

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C5 - Água	I15	Volume de água potável consumida anualmente per capita	0.00	44	0.00
	I16	Percentagem de redução do consumo de água potável com recurso a águas recicladas e/ou reutilizadas	0.00	44	0.00
	I17	Sistema de Gestão de águas pluviais	0.33	11	0.04
			(AG.5) S = Desempenho na categoria		0.04

Quadro 40. Categoria C6-Conforto e saúde dos utilizadores

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C6 - Conforto e Saúde dos Utilizadores	I18	Qualidade do ar interior	0.00	24	0.00
	I19	Conforto térmico	-0.09	32	-0.03
	I20	Conforto lumínico	0.51	25	0.13
	I21	Conforto acústico	0.00	19	0.00
			(AG.6) S = Desempenho na categoria		0.10

Quadro 41. Categoria C7-Accessibilidade

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C7 - Acessibilidade	I22	Plano de mobilidade	0.88	100	0.88
			(AG.7) S = Desempenho na categoria		0.88

Quadro 42. Categoria C8-Segurança

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C8 – Segurança	I23	Segurança dos ocupantes	0.58	100	0.58
			(AG.8) S = Desempenho na categoria		0.58

Quadro 43. Categoria C9-Custos de ciclo de vida

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C9 – Custos de ciclo de vida	I24	Custos de ciclo de vida	0.47	100	0.47
			(AG.9) S = Desempenho na categoria		0.47

No quadro a seguir mostra-se um resumo do desempenho de cada categoria e o nível atingido por cada uma.

Quadro 44. Desempenhos atingidos nas categorias avaliados

DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CADA CATEGORIA									
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A+		•							
A	•						•		
B								•	•

C				•					
D			•		•	•			
E									
Legenda			C1	Alterações climáticas e qualidade do ar interior					
			C2	Biodiversidade					
			C3	Energia					
			C4	Materiais e resíduos sólidos					
			C5	Água					
			C6	Conforto e saúde dos utilizadores					
			C7	Acessibilidade					
			C8	Segurança					
			C9	Custos de ciclo de vida					

Depois o passo a seguir foi quantificar os desempenhos ao nível de cada dimensão, o procedimento para o calculo é simplesmente utilizar o peso de cada uma das categorias na sua dimensão e multiplica-lo pelo desempenho quantificado anteriormente, nos seguintes quadros se apresentam os resultados do desempenho de cada uma das categorias.

Quadro 45. Dimensão D1-Ambiental

Dimensão	Categoria		Avaliação da categoria [A]	Peso da categoria (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
D1 – Ambiental	C1	Alterações climáticas e qualidade do ar interior	0.95	18	0.17
	C2	Uso do solo e biodiversidade	1.08	24	0.26
	C3	Energia	0.06	25	0.01
	C4	Materiais e resíduos sólidos	0.33	18	0.06
	C5	Água	0.04	16	0.01
			(AG.11)		0.51

S = Desempenho na
dimensão

Quadro 46. Dimensão D2-Social

Dimensão	Categoria		Avaliação da categoria [A]	Peso da categoria (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
D2 – Social	C6	Conforto e saúde dos utilizadores	0.05	80	0.08
	C7	Acessibilidade	0.81	10	0.09
	C8	Segurança	0.58	10	0.06
			(AG.12) S = Desempenho na dimensão		0.22

Quadro 47. Dimensão D3-Económica

Dimensão	Categoria		Avaliação da categoria [A]	Peso da categoria (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
D3 – Económica	C9	Custos de ciclo de vida	0.47	100	0.47
			(AG.13) S = Desempenho na dimensão		0.47

Por último se quantificou o desempenho global do edifício em estudo, para assim obter a nota de sustentabilidade, o procedimento de calculo é fácil, sendo praticamente o mesmo feito até agora, pois consiste na multiplicação dos pesos de cada dimensão e seu desempenho, nos seguintes quadros apresentam-se os resultados obtidos.

Quadro 48. Quantificação do Nível de sustentabilidade (NS)

Dimensão	Desempenho na dimensão [A]	Peso da dimensão (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
----------	----------------------------	--------------------------	-------------------------

D1	Ambiental	0.51	40	0.20
D2	Social	0.18	30	0.07
D3	Económica	0.47	30	0.14
(AG.13) Σ = Nível de Sustentabilidade (NS)				0.41

Portanto foi atingido um nível global de sustentabilidade **B** para todo o museu como é apresentado no seguinte quadro.

Quadro 49. Etiqueta sustentável atingida

ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE				
	NA	NS	NE	NG
A+				
A				
B	•		•	•
C		•		
D				
E				
Legenda	NA	Nota Ambiental		
	NS	Nota Social		
	NE	Nota Económica		
	NG	Nota Global		

4.2.11. C1-Sustentabilidade do local

A sustentabilidade do local, tal como já foi referido, é a avaliação do desempenho do edifício em termos de sua localização, nesta avaliação extra para os edifícios de serviços são avaliados

dois indicadores numa mesma categoria (categoria sustentabilidade do local), cujos cálculos são apresentados a seguir:

4.2.11.1. I1-Accessibilidade a transportes públicos

O objetivo deste indicador é promover e valorizar edifícios que satisfaçam a maior parte das necessidades de deslocação dos seus habitantes através do sistema de transportes públicos. Seu calculo começa com a verificação do tipo de zona urbana onde se localiza a edificação: zona central de capital de distrito (zona 1); outras áreas de capital de distrito ou zona central de cidade de média ou grande dimensão (zona 2); pequena cidade, vila ou subúrbio de cidade de média ou grande dimensão (zona 3); e zona rural (zona 4). No caso do edifício em estudo este encontra-se situado na zona 2.

Depois se determinou a distância em planta (D_{TPi}) desde a entrada principal do edifício até cada uma das paragens servidas por comboios, metro, autocarros e elétricos. Considerando só as paragens de autocarro, metro e elétrico situadas até uma distância de 500m e as estações e apeadeiros de comboio situadas até 1000m de distância. Ter em atenção ainda o seguinte:

- Quando existirem paragens que forem servidas pelas mesmas linhas, considerar apenas a que se situa mais próximo da entrada do edifício.
- A distância não deverá ser medida em linha reta, devendo corresponder ao cumprimento do percurso mais curto que o peão necessita de percorrer para chegar em segurança ao local da paragem.

Depois se calculou o tempo de percurso até cada paragem de transporte público (T_{Pi}) dividindo a distância (D_{TPi}) pela velocidade média de um peão (80m/min), e se determinou para cada uma das paragens que satisfazem os requisitos do ponto 1, o número de serviços (n_j) que partem ou chegam durante as horas de ponta dos dias úteis. Considerando o seguinte:

- As horas de ponta correspondem aos períodos do dia compreendidos entre as 7h00 e 9h00 e entre as 17h00 e as 19h00.
- Para as paragens servidas por várias linhas, determinar a frequência de cada linha e não a frequência conjunta da paragem.
- É natural que as linhas sejam bidirecionais, pelo que se deverá considerar apenas, para cada período da hora de ponta, a direção com maior frequência.

- Para os comboios, considerar apenas os serviços que apresentam pelo menos duas paragens num raio de 10km a partir da área objeto de intervenção (incluindo a paragem mais próxima do edifício).

Os passos a seguir foram os cálculos do tempo de espera para cada linha de transporte público (T_{Ej}), além calculou-se para cada linha de transporte público, o tempo total de acesso (T_{Tj}), somando o tempo de percurso (T_{Pi}) com o tempo de espera (T_{Ej}) e com um fator que exprime a potencialidade de atraso (T_{Aj}) em que o valor de T_{Aj} depende do tipo de transporte e assume o valor de 2 minutos para autocarro ou elétrico e 0,75 minutos para o comboio ou metro, como se apresenta na segunda equação de em baixo

$$T_{Ej} = 0,5 \times \frac{60}{\left(\frac{n_i}{4}\right)} \quad (37)$$

$$T_{Tj} = T_{Pi} + T_{Ej} + T_{Aj} \quad (38)$$

Depois se determinou para cada linha de transporte público, a Frequência Equivalente à entrada do edifício (F_{EEEj}), através da seguinte equação

$$F_{EEEj} = \frac{30}{T_{Tj}} \quad (39)$$

O passo a seguir foi o calculo do Índice de Acessibilidade (I_{At}), através da seguinte equação para cada tipo de transporte público. Por último se determinou o Índice de Acessibilidade a Transportes Públicos (P_{ATP}), somando o I_{At} obtido para cada tipo de transporte público, os resultados dos cálculos feitos se apresentam no seguinte quadro.

Quadro 50. Calculo do Índice de acessibilidade a transportes públicos.

	Comboio	Autocarro	
		Paragem CARRIS	
Paragem	Gare do Oriente	Carreiras 26 B	Carreiras 728
Dtpi	800.00	260.00	260.00
TPI	10.00	3.25	3.25
nj	8	6	28
Tej	15.00	20.00	4.29
Ttj	27.00	25.25	9.54
FEEEj	1.11	1.19	3.15
Sum. IAt	4.30		

Os valores da prática convencional e da melhor prática para o índice de acessibilidade a transportes públicos são de 3.5 e 11, respetivamente, para edifícios localizados na zona 2, o valor obtido da normalização é apresentado no quadro seguinte.

Quadro 51. Calculo do índice de acessibilidade

IATP	4.30		Solução
IATP*	3.5		Prática convencional
IATP*	11		Melhor Prática
<i>IATP</i>	0.106		

O valor normalizado obtido foi de **0.106**, atingindo um nível **C** neste indicador.

4.2.11.2. I2-Acessibilidade a amenidades

O objetivo deste indicador é promover e valorizar a existência de comunidades sustentáveis e integradas através do estabelecimento de amenidades básicas nas imediações do edifício. O desempenho do edifício é avaliado medindo a distância entre a entrada principal do edifício e todas as amenidades relevantes que se encontram nas imediações. As amenidades mais importantes são subdivididas em três classes, de acordo com a sua importância e frequência de utilização, estas classes e amenidades são apresentadas no quadro a seguir:

Quadro 52. Subdivisão das amenidades por classes

Classe 1	Classe 2	Classe 3
· Café/Snack-Bar	· Farmácia	· Centro desportivo/ginásio
· Restaurante	· Parque infantil	· Centro médico/médico
· Banco/caixa de Multibanco	· Centro Escolar/Creche	· Centro recreativo
· Estação de correios	· Espaços comerciais	· Local de oração (Igreja)
		· Espaços exteriores públicos

	· Centro Comercial
--	--------------------

Depois de ser identificadas as amenidades listadas no quadro anterior que se situam a uma distância máxima da porta do edifício de 2500, devem ser atribuídos créditos a cada amenidade de acordo com a sua distância ao edifício, tendo em conta a tabela seguinte. As distâncias não devem ser medidas em linha reta, mas sim de acordo com o caminho pedonal mais curto que um peão pode utilizar para se deslocar de forma segura do edifício até à amenidade em causa. As distâncias são arredondadas para o valor imediatamente superior que se encontra listado no

Quadro 53. Créditos a atribuir a cada amenidade de acordo com a respetiva classe e distância à porta principal do edifício

Classe	Distância (m)					
	300	500	1000	1500	2000	2500
1	9	8	7	4	2	0
2	7	6	5	3	2	1
3	4	4	3	2	2	1

Os créditos obtidos são apresentados no quadro a seguir

Quadro 54. Créditos obtidos pelas amenidades localizadas ao redor do museu

Classe 1	Créditos	Classe 2	Créditos	Classe 3	Créditos
Café/Snack-Bar	8	Farmácia	6	Centro desportivo/ginásio	4
Restaurante	9	Parque infantil	7	Centro médico/médico	3
Banco/caixa de Multibanco	8	Centro Escolar/Creche	7	Centro recreativo	4
Estação de correios	8	Espaços comerciais	7	Local de oração (Igreja)	2
				Espaços exteriores públicos	4
				Centro Comercial	4
Somatória	33	Somatória	27	Somatória	21

O índice de acessibilidade a amenidades IAA foi obtido somando todos os créditos obtidos, que foram em total 81, depois foi calculado o valor normalizado do índice de acessibilidade a amenidades (IAA) tendo em conta que o valor para a prática convencional é de 43 créditos, e a

melhor prática é de 86 créditos, obtendo assim um valor normalizado de **0.88**, portanto atingiu-se um nível de desempenho **A**.

4.2.12. Avaliação global

Com as avaliações de cada indicador feitas, o passo a seguir consiste na quantificação do desempenho do edifício ao nível de cada categoria, onde se utilizou o valor normalizado do desempenho de cada indicador multiplicado pelo seu respetivo peso local na categoria, nos quadros a seguir apresentam-se os respetivos cálculos do desempenho atingido.

Quadro 55. C1- Sustentabilidade do local

Categoria	Indicadores		Avaliação do Indicador [A]	Peso do Indicador (%) [B]	Valor ponderado [A]x[B]
C10 – Sustentabilidade do local	1	Acessibilidade a transportes públicos	0.11	50	0.05
	2	Acessibilidade a amenidades	0.88	50	0.44
	(AG.10) S = Desempenho na categoria				0.49

Como nesta avaliação adicional só há uma categoria o nível global vai ter o mesmo desempenho da categoria, sendo este apresentado no quadro a seguir, onde foi atingido um nível de sustentabilidade **B**.

Quadro 56. Nota de sustentabilidade enquanto à localização do edifício

ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE		
Nível	Condições	Nível atingido (X)
A+	NS > 1,00	
A	0,70 < NS ≤ 1,00	
B	0,40 < NS ≤ 0,70	X
C	0,10 < NS ≤ 0,40	
D	0,00 ≤ NS ≤ 0,10	
E	NS < 0,00	

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

Após a avaliação da sustentabilidade do edifício em estudo, se pode concluir que o edifício não apresenta um bom desempenho, sendo um pouco melhor do que o convencional, mas atingindo somente um nível global C, que é um nível deficiente.

Numa análise mais minucioso, ao nível das dimensões, a performance do museu explica-se devido aos desempenhos de cada dimensão, onde se obteve um nível B na nota ambiental e a económica, e um nível C na dimensão Social. Como se pode observar no Quadro 48, a dimensão com o melhor desempenho foi a ambiental, mas o valor ponderado obtido para esta dimensão, que é a de maior peso (40%), é somente 0.51, fazendo referencia que 1.2 é o máximo valor possível, portanto não se atingiu nem a metade. Seguidamente está a dimensão económica, que atingiu um nível B, com um valor ponderado de 0.47, e a dimensão social, que foi a pior dimensão, atingiu um nível C, com um valor de 0.22, sendo um valor deficiente, que gera um impacto negativo no desempenho geral do edifício. Para entender estes resultados obtidos é necessário ver detalhadamente o comportamento de cada categoria das respetivas dimensões. Por uma parte, há categorias que apresentam um desempenho excelente ou muito bom, por exemplo, no caso da categoria de Biodiversidade (Categoria 2) que atingiu um nível A+, ou a categoria de alterações climáticas e qualidade do ar exterior (Categoria 1). Por outra parte, há categorias com um desempenho ruim, por exemplo as categorias de água, energia, e conforto e saúde dos utilizadores, onde todas as três atingiram um nível D. A seguir apresenta-se um breve resumo do desempenho de cada categoria e suas causas:

- C1-Alterações climáticas e qualidade do ar exterior:

Esta categoria está subdivida em dois indicadores, o Indicador 1, impacto ambiental associado à escolha dos materiais de construção, e o Indicador 2, efeito ilha de calor. No primeiro indicador o museu atingiu um nível A, pois foi assumida a melhor prática devido à reutilização de toda a estrutura existente dum edifício construído na Expo 98. No caso do Indicador 2, obteve-se um bom desempenho, A, com um valor normalizado de 0.87, devido aos materiais da cobertura que têm uma alta refletância, diminuindo assim o efeito ilha de calor. Portanto, o conjunto destes dois bons desempenhos gerou um desempenho ótimo nesta categoria, com um valor ponderado de 0.95, obtendo um nível A.

- C2-Biodiversidade e Uso do solo:

Nesta categoria, com diferença no estabelecido pelo manual de avaliação SBTOOL para edifícios de serviços, somente foi avaliado um indicador dos quatro existentes; tal e como foi referido antes, os outros três indicadores (I3-eficiência no uso do solo, I5-proteção da biodiversidade local em fase de construção, e o I6-produtos de base orgânica certificados) não foram avaliados devido à falta de informação respeito à fase de construção do museu, e que não eram aplicáveis as condições que representa o museu. Para o indicador restante, o I4, localização sustentável, o edifício atingiu o maior nível possível (A+), com um valor normalizado de 1.08, isto devido a que toda a área utilizada para sua construção foi previamente edificada, pelo tanto foram totalmente reduzidos os impactes associados à criação de novas infraestruturas e a ocupação de solos virgens.

- C3-Energia:

Esta é uma das categorias com o nível atingido mais baixo, o nível D, devido ao valor ponderado obtido de 0.06. Esta categoria foi avaliada mediante três indicadores, o primeiro foi o I7 do consumo de energia primária não renovável, onde foi obtido um nível E, devido ao fraco desempenho energético do edifício. As causas possíveis deste performance são a falta de um isolamento térmico que permita manter as condições necessárias de temperatura, segundo o indicado no certificado energético, outra causa do pobre desempenho energético é devido aos sistemas de climatização e equipamentos, e ao uso que atualmente se dá aos equipamentos de climatização, fazendo que os equipamentos de ar condicionado trabalhem mais pois estes são ligados a uma temperatura muito grande em diferença com a temperatura exterior e do conforto para o inverno e o verão. No caso do indicador 8, quantidade de energia que é produzida no edifício, o museu não possui nenhum sistema capaz de gerar energia através de fontes renováveis, portanto foi atingido um nível E. No último indicador, gestão de sistemas mecânicos, o museu atingiu um nível C, pois tem um plano de gestão dos sistemas mecânicos, que foi obrigatório para poder obter a atual certificação energética. Com todo isto esta categoria é uma das principais candidatas a melhorar devido ao seu peso na dimensão ambiental de 25%, e ao seu desempenho.

- C4-Materiais e resíduos sólidos:

Nesta categoria não foi avaliado o indicador I12 de resíduos sólidos de construção e demolição devido à falta de informação durante a fase de construção para sua respetiva avaliação. Enquanto ao primeiro indicador avaliado, o I10 de materiais utilizados o edifício atingiu a melhor prática (um nível A) devido à reutilização completa da estrutura do edifício

que ficava antes. No caso do indicador I11, de materiais com conteúdo reciclado, o edifício em estudo não utilizou nenhum tipo de materiais reciclados para a sua construção, porém, este indicador não pode ser melhorado pois sua avaliação é somente para a fase de construção. Para o indicador I13, de gestão ambiental, o edifício apresenta um mau desempenho, pois de 28 condições a cumprir, o museu só possui uma condição, da recolha seletiva dos quatro tipos de resíduos, portanto o nível atingido foi E, sendo assim outro dos indicadores a postular para melhorar. No último indicador avaliado nesta categoria, o I14 de flexibilidade e adaptabilidade, foi o melhor indicador da categoria 4, atingindo um nível A+, devido as boas características que apresenta, por exemplo os grandes pés diretos que possui, a utilização de elementos prefabricados, entre outros. A ponderação destes indicadores permitiu ao museu atingir um nível C nesta categoria, não sendo um desempenho deficiente, mas podendo ser acrescentado com melhorias pontuais em cada categoria com baixo desempenho.

- C5-Água:

Tal como a categoria da energia, esta categoria obteve um baixo desempenho, sendo D, devido aos altos consumo de água, a falta de equipamentos que permitam reduzir o consumo da mesma, e de sistemas de recoleta. Esta categoria está dividida em três indicadores, o primeiro, o indicador 15 de volume de água potável consumida, apresentou o mesmo desempenho da prática convencional, com um consumo de 4236 m³, embora de ser um edifício com grandes dimensões, este consumo é de uma magnitude considerável, uma das causas deste alto consumo é devido aos dispositivos convencionais que fornecem a água, como por exemplo, as torneiras, as bacias de retrete, entre outros, portanto atingiu-se um nível D graças ao valor normalizado obtido, que foi de 0. Da mesma forma do que no indicador 15, o indicador 16, de reciclagem e tratamento de água, embora de ter obtido o mesmo desempenho dum edifício convencional, para um edifício cujo objetivo é ser sustentável, o facto de não ter nenhum sistema, faz concluir a existência dum fraco planeamento feito em termos ambientais nas fases de projeto e construção, o nível atingido neste indicador também foi D, com um valor normalizado de 0. Por ultimo, o indicador 17, refere os sistemas de gestão de águas pluviais, cujo objetivo é assegurar a recarga dos aquíferos e diminuir o caudal de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais. Neste indicador o museu não conseguiu o nível máximo devido aos materiais do revestimento, que são impermeáveis, cobrindo toda a área do museu em projeção horizontal, obtendo

desta maneira um índice de impermeabilização muito maior do que a pratica convencional, obstruindo assim o objetivo deste indicador de diminuir o caudal de ponta nos sistemas de drenagem de águas pluviais, porém, este indicador obteve o melhor desempenho desta categoria, com um valor normalizado de 0.04, obtendo um nível D.

- C6-Conforto e saúde dos utilizadores:

Esta categoria é uma das mais importantes ao nível global, não somente por seu grande peso na dimensão social, que é de 80%, mas também por ser a definição dum edifício sustentável que oferece ótimas qualidades aos utilizadores, porém, o desempenho do museu nesta categoria foi deficiente, pois somente obteve um nível D, com um valor ponderado de 0.05, sendo um valor realmente baixo. Três dos quatro indicadores avaliados apresentaram um desempenho baixo, sendo o caso dos indicadores 18, 19 e 21(qualidade do ar interior, conforto térmico, conforto acústico, respetivamente), porém, salienta-se que estes indicadores não foram avaliados com medições no local, portanto estas avaliações são só aproximações, e podem ter pequenas variações do comportamento real, entretanto, para o indicador 19, como foi apresentado no certificado energético, e nas modelações feitas no programa Energy Plus, as temperaturas operativas em todas as zonas do museu estão fora dos rangos de conforto, portanto este indicador apresenta o pior desempenho de toda a categoria, com um valor ponderado de -0.09 e um nível atingido E. No caso dos indicadores 18 e 21, como já foi referido no capítulo anterior, foram assumidos os valores convencionais, devido à falta de dados e medições, por tanto estes atingiram um nível D com um valor ponderado de 0. Para o indicador 19, como foi concluído no certificado energético, e como se quantificou com a modelação feita no programa Energy Plus, fornecida pelo museu, se observou que as temperaturas operativas em todas as zonas do museu estão fora dos rangos do conforto desejado tanto para o inverno, como para o verão, trazendo consigo consequências como um maior consumo de energia através dos sistemas de aquecimento e arrefecimento, e um maior gasto económico. Por ultimo, no indicador 20 do conforto lumínico, se concluíram duas coisas, a primeira, que o museu tem um desenho que não ajuda a obter uma boa iluminação natural, devido à falta de janelas nas fachadas, e no resto dos espaços uteis, e a segunda, que com a iluminação artificial, que depende na maioria de lâmpadas fluorescentes T8, o desempenho atingido neste parâmetro é melhor do que a pratica convencional, além, a escassez de iluminação natural, traz consigo um maior

consumo de energia e um maior gasto; o nível atingido neste indicador foi B, mas tem uma alta oportunidade de melhoria.

- C7-Acessibilidade:

Esta categoria foi uma das que melhor desempenho apresentou, obtendo um nível A com um valor normalizado de 0.88, isto graças as boas condições que tem em termos de promover medidas que permitam uma adequada mobilidade para pessoas com mobilidade condicionada, por exemplo, os elevadores que permitem chegar até todas as exposições e lugares de trabalho no museu, também os percursos para ciclistas e pedestres, os estacionamentos para bicicletas que existem a menos de 25 metros do museu, e as informações fornecidas pelo museu sobre os transportes públicos que servem o edifício.

- C8-Segurança dos ocupantes:

O desempenho do edifício em estudo enquanto à segurança dos ocupantes é bom, onde obteve um nível B, com um valor normalizado de 0.58, isto graças às diversas características que o museu possui, como por exemplo, os técnicos de segurança que estão protegendo o edifício 24 horas com um sistema de vigilância, sistemas de iluminação nas zonas de estacionamento para proporcionar iluminação de segurança, entre outros.

- C9-Custos de ciclo de vida:

A dimensão económica é avaliada somente por um indicador, que tem em conta dois parâmetros, o primeiro que são os custos iniciais, onde o museu apresentou o melhor desempenho tendo em conta que o custo de investimento inicial foi amplamente reduzido devido à reutilização de toda a estrutura do edifício existente, igualando assim a melhor prática, o outro parâmetro avalia os custos de operação, os quais estão divididos pelos custos do consumo de eletricidade e da água, onde para a primeira o edifício em estudo apresenta um desempenho pior do que a prática convencional, e na parte da água, o edifício apresenta um melhor desempenho em termos dos custos, pois as tarifas para um edifício de serviços abrangido pela mesma empresa que abastece o serviço, e com o mesmo consumo que o edifício possui, teria de pagar, em teoria, três vezes mais do que atualmente o museu paga, isto pode ser devido às tarifas especiais que o edifício em estudo possui devido à zona onde este fica, porém, com tudo isto, o museu somente atingiu um nível B enquanto aos custos do ciclo de vida, com um valor normalizado de 0.47.

5.1. Medidas para a otimização da sustentabilidade do edifício em estudo

Para saber quais indicadores devem de ser melhorados é necessário ter conhecimento dos indicadores com maior prioridade, para isto deve-se obter os pesos globais de cada um e compara-los com as notas de sustentabilidade obtidas, para poder melhorar os indicadores de maior peso e com o pior desempenho, e assim aumentar o nível de sustentabilidade global. No

Anexo XIII se apresentam os pesos de cada indicador e suas respectivas avaliações, com duas escalas de cores, a primeira, de cores azuis, para apresentar os indicadores com maior peso, e a segunda, uma escala de verde, amarelo e vermelho, que apresenta o melhor desempenho com uma cor verde obscura, e o pior com uma cor vermelha, com transição de cor amarelo.

Como resultado dos dados apresentados no quadro anterior, se decidiu que os indicadores com maior prioridade para melhorar são os indicadores I7 de consumo de energia, I8 energias renováveis, I9 gestão de sistemas mecânicos, I13 gestão ambiental, I15 consumo de água, I16 reciclagem e tratamento de água, I18 Qualidade do ar interior, I19 Conforto térmico, e o I20 do conforto lumínico, além, indiretamente vai ser melhorado o ultimo indicador o I24 de custos de ciclo de vida, depois pequenas medidas vão melhorar um pouco os outros indicadores, como por exemplo o indicador 23 de segurança dos ocupantes. As medidas a implementar para melhorar o nível de sustentabilidade e cada indicador são apresentadas a seguir.

5.1.1. Substituição de sistemas de climatização e ventilação

O edifício apresenta um baixo rendimento em termos de eficiência energética atingindo uma classificação energética **B-**. Tal e como se refere no certificado energético os parâmetros que mais penalizam o índice de eficiência energética são os sistemas de climatização e os equipamentos, portanto a primeira proposta é a substituição dos equipamentos existentes por novos com um maior rendimento e eficiência. Os equipamentos existentes são apresentados no Quadro 4 e encontram-se no certificado energético, no total há oito sistemas split de 2 KW e dois sistemas de aproximadamente 8 KW, os rendimentos destes sistemas são convencionais sendo para aquecimento um COP=3 e para arrefecimento um EER=2.9. Os novos equipamentos são os seguintes:

- Ar condicionado tipo split inverter da marca DAIKIN, modelo FXTM, referencia 20M, este equipamento apresenta uma etiqueta energética A+++, devido ao novo gás regulamentado pela EU o R32, que gera 0% de impacte na capa de ozono, maior eficiência energética, contem 30% menos quantidade de refrigerante, e gera um 75% menos impacte ambiental. A tecnologia inverter consiste em que o ar condicionado regula a voltagem, a corrente, e a frequência do equipamento, fazendo ciclos contínuos de climatização do espaço. Portanto agora trabalha-se com os coeficientes de eficiente

para aquecimento SCOP e SEER, onde este modelo tem valores de 8.53 e 5.10, respetivamente, e uma potência de 2 KW. O valor por unidade deste ar condicionado são 836 euros, com a unidade exterior e interior incluídas, como supracitado, o total de equipamentos deste tipo a substituir são oito, pelo tanto, o custo inicial dos equipamentos DAIKIN FXTM 20M é de 6688 euros.

- Ar condicionado tipo split inverter da marca DAIKIN, modelo FXTM, referencia 71M, este equipamento apresenta uma etiqueta energética A++, graças ao gás R32. Esta referência possui uma potencia elétrica de 8KW, e uns coeficientes SCOP e SEER de 4.03 e 6.11, respetivamente. O valor desta referência do modelo FXTM é de 2108.09 euros por unidade, totalizando 4216.18 euros pelas duas unidades. Este modelo de ar condicionado permite fazer ligações via WIFI, pelo tanto será fácil fazer sua conexão com o sistema de gestão que o museu possui.

Em total o custo inicial de investimento para os dez equipamentos é de 10904.2 euros, estes equipamentos têm uma vida útil de 15 anos, tendo em conta que a vida útil do museu é de 50 anos, estes equipamentos devem ser substituídos 3 vezes para assim poder suprir toda a vida útil do edifício.



Figura 58. Gama FXTM de ar condicionado (DAIKIN, 2017)

Os consumos e tarifas do edifício atualmente em termos energéticos se apresentam no seguinte quadro:

Quadro 57. Consumos e tarifas de energia atuais

Aquecim	21.38	Kwh/m2.ano
Arref	44.10	Kwh/m2.ano
ILUM.	16.13	Kwh/m2.ano
AQS	1.20	Kwh/m2.ano
Outros	48.28	Kwh/m2.ano
Taquec	0.04683727	(Euro/kWh)

Tarref	0.03938	(Euro/kWh)
Tilum	0.05038098	(Euro/kWh)
Taqs	0.04683727	(Euro/kWh)
Toutros	0.05038098	(Euro/kWh)
CE	6.03886916	Euro/m2.ano

Como se pode observar no quadro o edifício atualmente, só em termos energéticos, apresenta um consumo de 6.03 euros por m² no edifício, que no total são 63214 euros por ano, onde o arrefecimento em conjunto com os outros equipamentos são os que geram o maior consumo do museu. Porém é imprescindível assinalar que esta melhoria esta sujeita a muitas variações que podem reduzir a sua efetividade na realidade, mas, teoricamente, com esta melhoria se incrementou a eficiência para o aquecimento num 41.6% e para o arrefecimento num 66%, pelo tanto se apresentou uma grande redução nos consumos para o aquecimento e o arrefecimento, além de diminuir os custos que estes consumos ocasionam, os resultados apresentam-se no quadro seguinte:

Quadro 58. Consumos e tarifas de energia com a proposta de melhoria

Aquecim	19.45	Kwh/m2.ano
Arref	37.76	Kwh/m2.ano
ILUM.	16.13	Kwh/m2.ano
AQS	1.20	Kwh/m2.ano
Outros	48.28	Kwh/m2.ano
Taquec	0.04683727	(Euro/kWh)
Tarref	0.03938	(Euro/kWh)
Tilum	0.05038098	(Euro/kWh)
Taqs	0.04683727	(Euro/kWh)
Toutros	0.05038098	(Euro/kWh)
CE	4.47598232	Euro/m2.ano

Como se pode observar com as reduções já mencionadas no consumo para o arrefecimento e o aquecimento se atingiu uma redução nos custos totais para o arrefecimento e o aquecimento de 12.42% por ano, o que representa uma poupança de 3559.7 euros por ano, e no final da vida útil 141564.8 euros, tendo em conta a substituição dos ares condicionados cada 15 anos.

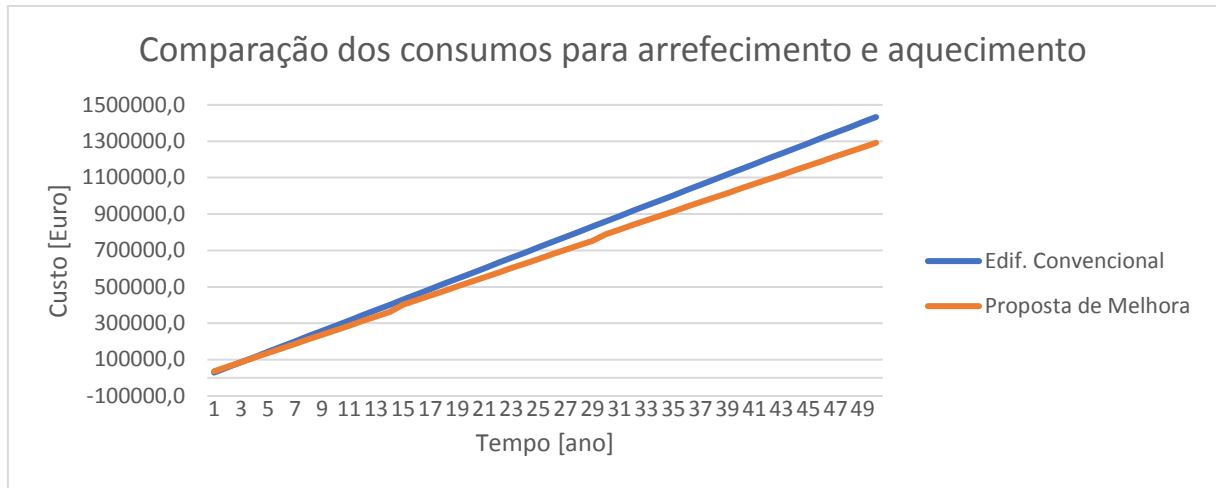


Figura 59. Custos anuais de eletricidade

Como se pode observar no gráfico anterior a proposta de melhoria apresenta uma grande poupança ainda com a substituição dos equipamentos cada 15 anos. Com esta melhora o desempenho de dois indicadores foi aumentado, o I7 do consumo de energia, e o I24 de custos de ciclo de vida. No primeiro, antes de ser introduzida a melhoria, se tinha um valor normalizado de **-0.08**, com uma nota de sustentabilidade **E**, após a melhoria, o índice aumentou a **0.06**, atingindo um nível **D** neste indicador. No caso dos custos do ciclo de vida, conforme ao dito anteriormente, se obteve uma poupança de 0.34 euros/m², noutras palavras se vai poupar o 12.42% do consumo de energia para o aquecimento e o arrefecimento, o que representa 3559.7 euros por ano. A nota de sustentabilidade desta categoria de sustentabilidade será apresentada mais adiante com as seguintes propostas de melhoria. No seguinte gráfico pode apreciar-se que numa comparação entre os gastos acumulados do edifício na atualidade e do edifício com a

proposta de melhora aplicada, o museu obteria um tempo de retorno quase imediato no quarto ano dos investimentos realizados para os ares acondicionados.

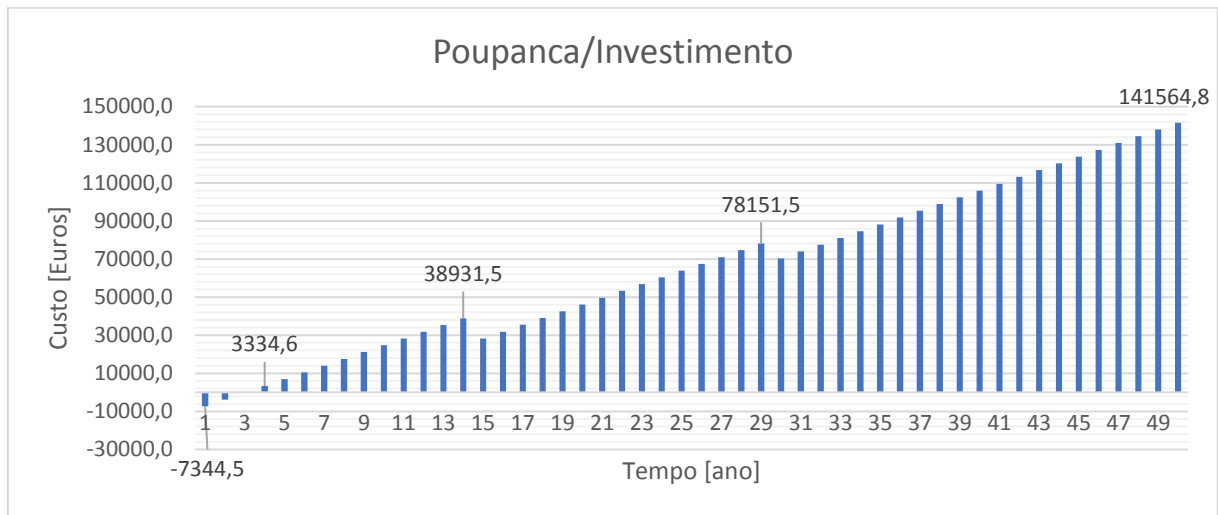


Figura 60. Comparação entre a poupança e o investimento com os ares acondicionados adicionados.

Na Figura 60 se pode apreciar que no primeiro ano a diferença entre o investimento e a poupança é de 7344.5 obtendo uma relação negativa, e no quarto ano a relação poupança/investimento já é positiva, tendo um valor de 3334.6 euros, obtendo assim um tempo de retorno do investimento de 4 anos, além, no final da vida útil do edifício, a poupança estimada é de aproximadamente 141564 euros.

5.1.2. Otimização do sistema de monitorização global do edifício

Num museu é difícil preservar constantemente as condições do seu interior, tais como, temperatura, qualidade do ar, luminosidade, entre outras. Neste tipo de edificações é imprescindível o uso de sistemas artificiais adicionais aos sistemas de controle automáticos do edifício. Como já foi referido antes, o museu possui um Sistema de Gestão Técnica de Energia, que permite controlar as instalações controlando os equipamentos de climatização e ventilação no interior do edifício. É importante ter em consideração que o edifício não possui isolamento térmico pois as paredes estão compostas somente por uma camada de concreto, sendo este um dos fatores que influem grandemente no mau comportamento térmico do museu, outro fator é, como foi referido no certificado energético, os técnicos que regulam a temperatura através do SGTE, pois deixam um rango de temperatura muito grande, entre 20 a 25.5 graus, causando um grande consumo energético e um ineficiente uso do sistema de ar condicionado, pelo tanto, os

sensores vão adequar as temperaturas para manter um rango entre 21-22 graus centígrados para o inverno e de 24.5-25.5 graus para o verão, poupando energia y atingindo a melhor prática em termos do conforto térmico. A proposta de melhora nesta secção da dissertação é a inclusão de componentes adicionais de controlo, tais como sensores de temperatura, humidade, e de qualidade de ar os quais medirão os parâmetros requeridos para a melhora dos indicadores de qualidade de ar e de conforto térmico, em conjunto com filtros que melhorem a qualidade do ar novo que entra ao museu. Estes sensores vão estar ligados ao sistema geral de gestão técnica existente no museu, realizando um processo integrado onde os sensores a instalar fazem a recolha de dados requeridos para cada parâmetro, depois a pessoa encarregada do sistema de gestão técnica processa a informação obtida, emitindo os comandos apropriados aos sistemas de ar condicionado e de renovação de ar, mantendo assim as condições de conforto interior desejadas no edifício em estudo. Atualmente o edifício apresenta os seguintes problemas, os equipamentos a adicionar são os seguintes:

- Sensor combinado para o interior: é um sensor com calibração automática ou manual para registar o ambiente interior. Este sensor mede a concentração de CO₂, CO, COV, além da temperatura e a humidade relativa. Estas magnitudes medidas são convertidas por sinais estandardizadas de voltagem, entre 0-10V, dependendo da concentração medida e dos algoritmos programados no SGTE. O sensor é da marca AERASGARD, modelo RFTM-LQ-CO₂-W, de referência 1501-61B8-7301-200. O rango de medidas de humidade é de 0 a 100% da humidade relativa; para a temperatura este sensor tem um rango de 0 a 50°C; na parte dos compostos orgânicos voláteis o sensor tem três medições distintas, baixa, meia, e alta, as quais estão ligadas à percentagem presente no ar, fornecendo assim uma resposta de 0V quando a percentagem é 0, e de 10V quando a percentagem é 100; e para o teor no ar de CO₂ e o CO, o sensor pode fazer medições desde 0 até 5000 ppm, podendo programar as voltagens de resposta ao igual do que na humidade relativa e na temperatura. Graças ao rango de medições dos ppm de teor de CO₂, é possível saber quando um espaço vai estar vazio, e assim controlar a eletricidade utilizada para a iluminação, desligando as lâmpadas para poupar energia quando ninguém estiver a utilizar.

Este sensor tem as seguintes dimensões: 85x85x27 mm, este sensor tem um valor de 357 euros por unidade e uma vida útil de 6 anos. No total serão instalados 12 sensores, um em cada zona estudada com a exceção do Mezzanine cujo análise foi dividido em duas zonas. A seguir amostra-se uma figura do sensor combinado.



Figura 61. Sensor combinado RFTM-LQ-CO₂-W(S+S REGELTECHNIK, 2017)

- Sistema de filtrado: Além dos sensores de CO₂, CO e COV, é necessário adicionar um filtro que desapareça a entrada de pó, pólen, e outras substâncias poluentes do exterior ao interior. O filtro a adicionar é da marca NOVOVENT, modelo BOX FILTER D, com um caudal de 6000 até 8000 m³/h, este equipamento possui um pré-filtro G4, este filtro procura atingir uma qualidade de ar interior de categoria 2, noutras palavras, ar de boa qualidade, para edifícios tais como, oficinas, residências, museus, aulas, entre outros. E se assume que a qualidade do ar exterior tem alto teor em partículas (ODA 2), portanto o filtro incorporado no sistema é F8, na seguinte figura apresenta-se um exemplo do filtro:



Figura 62. Exemplo do pré-filtro F6 e filtro F8

As dimensões do filtro são 592x592x292mm, com uma eficiência entre 90 até 95%, o preço deste filtro é de 2260.98 euros, na figura seguinte apresenta-se o filtro a utilizar:

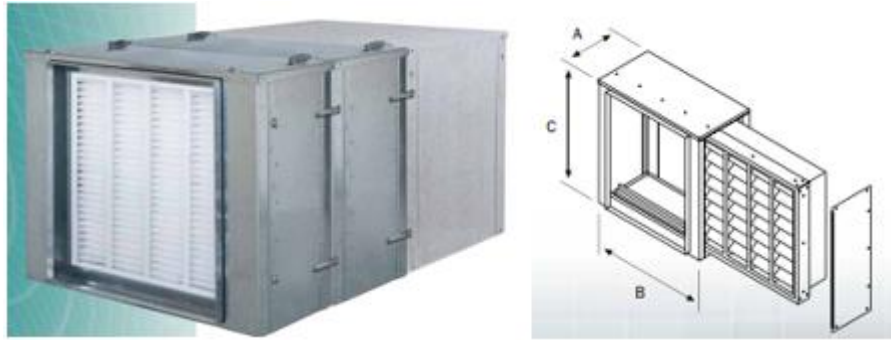


Figura 63. BOX FILTER D (NOVOVENT, 2009)

Além de adicionar estes sensores, é importante desenvolver manuais, calendários, testes, para monitorizar e melhorar o sistema de gestão mecânica que existe no museu, e assim otimizar em conjunto as diversas atividades efetuadas diariamente e evitar possíveis defeitos no futuro, com ações e medidas de prevenção, entre as quais estão as seguintes:

- Desenvolver um manual dos sistemas do edifício onde se fornece a informação necessária para compreender, operar e efetuar a manutenção dos sistemas implementados no edifício aos intervenientes que não estiveram envolvidos no projecto e na fase de construção, entre os quais estarão os novos sistemas de ar condicionado, os sensores, filtros, entre outros equipamentos.
- Determinar o orçamento relativo à aquisição e instalação dos sistemas energéticos, em caso de não ser cumprido devem-se justificar os motivos.
- Determinar reuniões anuais onde são avaliados os desempenhos dos equipamentos e os consumos energéticos que o edifício apresenta, para assim definir se os objetivos e os orçamentos previstos foram cumpridos, e em caso de que não tenha ocorrido, sejam justificados os motivos.
- Definir calendários, testes e ensaios de desempenho dos sistemas durante fase de utilização, para assim auditar, verificar e monitorizar se os objetivos anuais estão a ser cumpridos em termos de eficiência energética e economicamente, e em caso de que não esteja a ocorrer, sejam tomadas medidas corretivas.

Somente com a realização destas atividades humanas o edifício incrementou o desempenho no indicador 9 de gestão de sistemas mecânicos, cumprindo quatro condições apresentadas na tabela de “*checklists*” utilizada para avaliar este indicador, aumentando assim em 65 os créditos verificados no edifício, obtendo no total 105 créditos verificados, tendo em conta que as praticas de referencia são 10 e 100, para a convencional e a melhor prática, respetivamente, o museu

apresenta agora um valor normalizado do índice de gestão dos sistemas mecânicos de **1.06**, pelo tanto o desempenho neste indicador aumentou de **C** até **A+**.

Com o filtro e o sensor funcionando em conjunto se conseguiu uma melhoria nos indicadores de conforto térmico e de qualidade do ar. Para o indicador do nível de qualidade de ar foram diminuídos os teores dos poluentes até atingir a melhor prática, isto graças ao filtro que diminui todas as partículas suspensas no ar com diâmetro inferior a 10 μm , a concentração de microrganismos como bactérias e fungos, a concentração de radão e legionella; por outra parte os sensores aumentam a velocidade da extração de ar quando os teores do $\text{CO}_2/\text{CO}/\text{VOC}$ são maiores do que os desejados. As concentrações dos poluentes apresentam-se no seguinte quadro

Quadro 59. Teor dos poluentes com a melhoria proposta

Gás	Concentração de gás	Prática convencional	Melhor prática	Valor normalizado
PPM10 (mg/m^3)	0.075	0.15	0.075	1
PCO2 (mg/m^3)	800	1800	800	1
PCO (mg/m^3)	6.25	12.5	6.25	1
PO3 (mg/m^3)	0.1	0.2	0.1	1
PFMD (mg/m^3)	0.05	0.1	0.05	1
PCOV (mg/m^3)	0.3	0.6	0.3	1
PBAC (UFC)	250	500	250	1
PFUN (UFC)	250	500	250	1
PRAD (Bq/m^3)	200	400	200	1
PLEG (UFC)	50	100	50	1

Com esta melhoria o indicador da qualidade do ar obteve um valor normalizado da qualidade de ar de **1.2**, sendo este o máximo possível de obter, aumentando assim o nível de desempenho desde **D** até **A+**.

Enquanto ao indicador do conforto térmico, como já foi referido antes o SGTE com ajuda dos sensores vão adequar as temperaturas para manter um rango entre 21-22 graus centígrados para o inverno e de 24.5-25.5 graus para o verão, poupando energia y atingindo a melhor prática em

termos do conforto térmico, onde agora se obteve um valor normalizado de **1.2**, sendo este o máximo possível de obter, atingindo um nível **A+**. No Quadro 60 apresentam-se as temperaturas atingidas para a estação de arrefecimento

Quadro 60. Nível de conforto térmico na estação de arrefecimento

Tipo de compartimento	Temperatura operativa média (Θ_{omin95})	Prática convencional	Melhor prática
P-1_SETOR_4	25	27	25.5
P0_SETOR_4	25	27	25.5
P0_SETOR_NOVE	25	27	25.5
P0_CAFETARIA	25	27	25.5
P0_LIVRARIA	25	27	25.5
P1_SETOR_2	25	27	25.5
P1_SETOR_3	25	27	25.5
P1_LABORATORIO	25	27	25.5
P1_AUDITORIO	25	27	25.5
P2_MEZZANINE_1	25	27	25.5
P2_MEZZANINE_2	25	27	25.5
P1_ESCRITORIOS_1	25	27	25.5
P1_ESCRITORIOS_2	25	27	25.5

Por ultimo há de ser sublinhado que as poupanças em termos energéticos, que também geram poupanças em termos de custos, podem ser grandes, mas por efeitos de dificuldades com os modelos feitos no Energy Plus estes não foram quantificados, portanto estas poupanças serão uma ganancia adicional que o edifício vai ter após a melhoria.

5.1.3. Equipamentos para gerar energia através de fontes renováveis

Para esta proposta se tiveram em conta duas opções, a primeira foi gerar a energia através de aerogeradores, e a segunda, utilizando kits com painéis fotovoltaicos. Porém, as duas opções sempre tiveram o mesmo objetivo: fornecer toda a energia utilizada para a parte da iluminação,

que corresponde a 16.13 Kwh/m², ou seja, 168848.84 Kwh para todo o edifício. A seguir apresentam-se as opções:

- Aerogerador Bornay Wind 25.3:



Figura 64. Aerogerador Bornay Wind 25.3 (BORNAY, 2016)

Um aerogerador, como o próprio nome sugere, é um dispositivo que utiliza o vento para gerar energia. Com ajuda da velocidade média, a ferramenta Bplanner, própria da marca comercial Bornay, e os trabalhadores do departamento comercial da mesma, foi possível quantificar a velocidade do vento e a radiação solar por mês, e assim com estes dados obter a produção eólica por dia, tal e como se pode apreciar no Quadro 61.

Quadro 61. Quantificação da produção eólica dum BORNAY Wind 25.3 de 5Kw no museu

Mês	No. dias	Velocidade do vento [m/s]	Produção Eólica diária [Kwh/dia]	Produção eólica mensal [Kwh]
Janeiro	31	4.9	18.18	563.58
Fevereiro	28	5.22	22.26	623.28
Março	31	5.12	20.18	625.58
Abril	30	5	20.18	605.4
Maio	31	4.69	16.27	504.37
Junho	30	4.42	15.46	463.8
Julho	31	4.51	15.46	479.26
Agosto	31	4.45	15.46	479.26
Setembro	30	4.12	11.17	335.1
Outubro	31	4.28	12.75	395.25
Novembro	30	4.72	16.27	488.1
Dezembro	31	5.14	20.18	625.58

Em total ao ano uma unidade gera, 6188 KW, portanto para atingir o objetivo de suprir toda a energia utilizada para a iluminação é necessário instalar 28 unidades de aerogeradores, produzindo na sua totalidade 173279 Kwh ao ano. O preço por aerogerador é de 6985 euros, portanto, no total, as 28 unidades somam 195580 euros de investimento inicial, com uma vida útil de 25 anos, tendo de ser necessário substituir as unidades aos 25 anos. Por outra parte, a energia consumida pelo museu para a iluminação, tal e como já foi referido, é de 168848.84 Kwh, o que representa em euros, com a tarifa atual de 0.0503 euros/Kwh, um total de 8501.9 euros a pagar por ano. Tal e como se observa na Figura 65 o tempo de retorno do investimento é de 23 anos, depois aos 25 anos deve-se fazer um novo investimento devido à vida útil do aerogerador, obtendo de novo ganhos de investimento no ano 45.

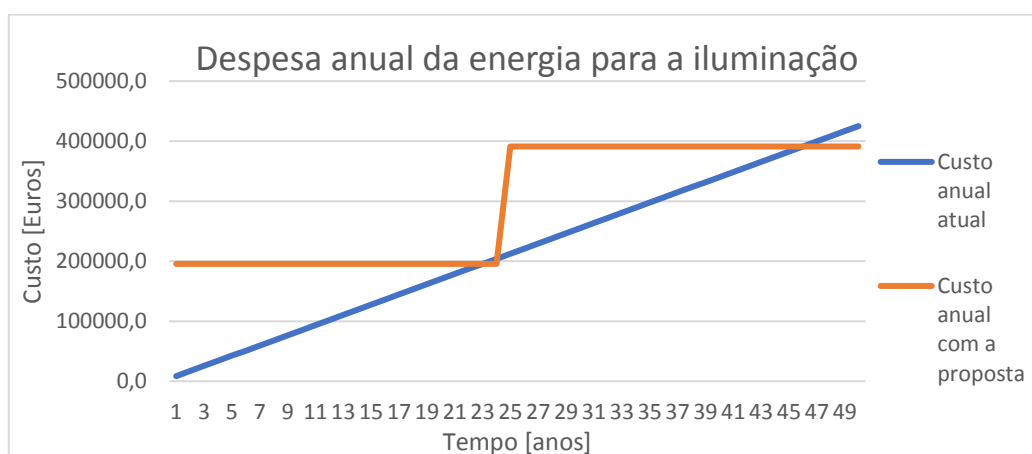


Figura 65. Consumos e custo de eletricidade atual e com a melhoria ao longo da vida útil do edifício em estudo.

Na Figura 66, observa-se com maior clareza a relação no decorrer do tempo do investimento e os resultados do mesmo, sendo que apesar de suprir toda a energia utilizada para a iluminação, poupando assim 8501 euros por ano, o tempo de retorno do investimento é muito alto seguido dum novo investimento referente à substituição dos equipamentos devido à sua vida útil.

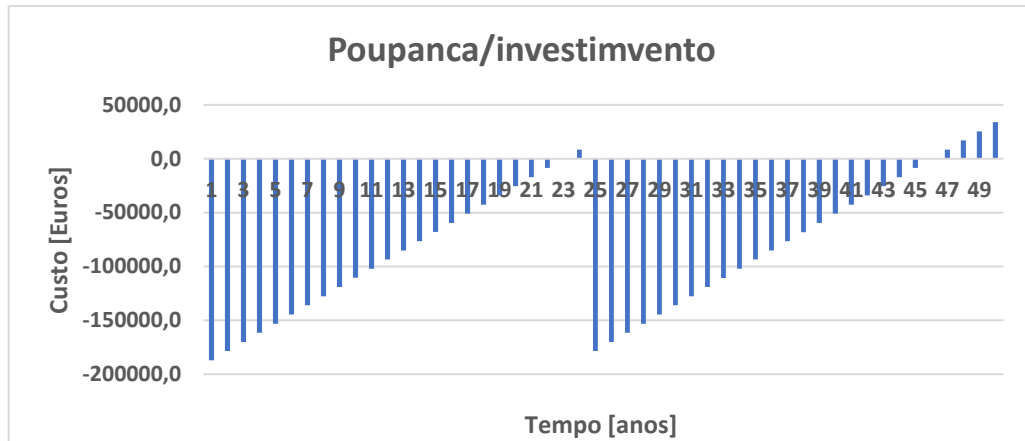


Figura 66. Comparação entre a poupança e o investimento com os aerogeradores adicionados.

- Painel fotovoltaico LG NeON 2 BiFacial de 315w:

315W | 310W

The LG NeON[®] 2 BiFacial is designed to absorb irradiance not only from the front but also the rear of its NeON[®] cell by using a transparent back sheet. The dual faces of the cell allows for higher energy generation.

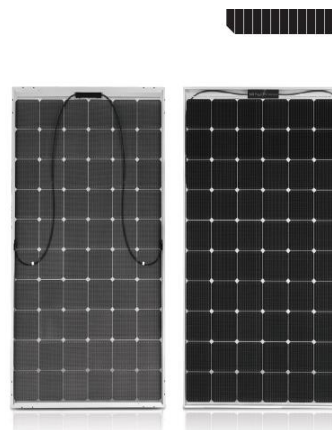


Figura 67. Painel LG NeON Bifacial (SOLARSHOP, no date)

Este painel está desenhado para absorver a radiação solar pelas duas faces, devido à utilização de uma cobertura transparente na parte traseira, permitindo ao kit de autoconsumo gerar mais energia. Para a quantificação do número de kits de autoconsumo (cada kit contém 6 painéis) foi utilizado o software a que se refere o despacho DGEG no. 3156 do primeiro de março de 2016, da direção geral de energia e geologia. Neste software foram preenchidos todos os dados referentes ao edifício em estudo, e as características do painel, o resultado foi que com uma quantidade de 400 painéis, ou seja, 67 kits de autoconsumo, abrangendo uma área de 690.1 m², e se conseguem produzir 233000 Kwh por ano, fornecendo assim 22.27 kwh/m² de toda a energia utilizada, a qual vai ser utilizada para abastecer os diferentes equipamentos e outros sistemas de consumo de. Cada kit deve ser instalado a 35 graus de inclinação, e 0 graus em azimute. O custo por cada um dos kits é de 1912.40 euros, totalizando um investimento inicial de 128130.8 euros, os quais asseguram uma poupança anual de 11738 euros, correspondente ao 46.5% do consumo de eletricidade para os equipamentos não diferenciados. Na Figura 68

e na Figura 69 se pode observar que o decimo terceiro ano após o investimento, corresponde ao tempo de retorno, além se pode observar que no vigésimo quinto ano se pronóstica a substituição de todos os kits instalados, devido as perdas na eficiência que terá transcorridos 25 anos, chegando quase ao 20% por painel.

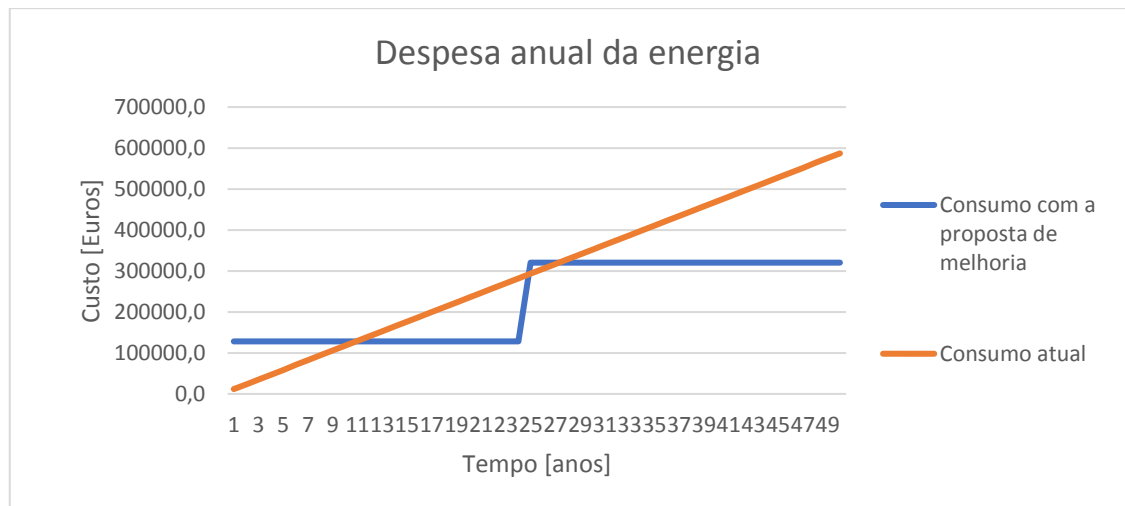


Figura 68. Consumos e custo de eletricidade atual e com a melhoria ao longo da vida útil do edifício em estudo.

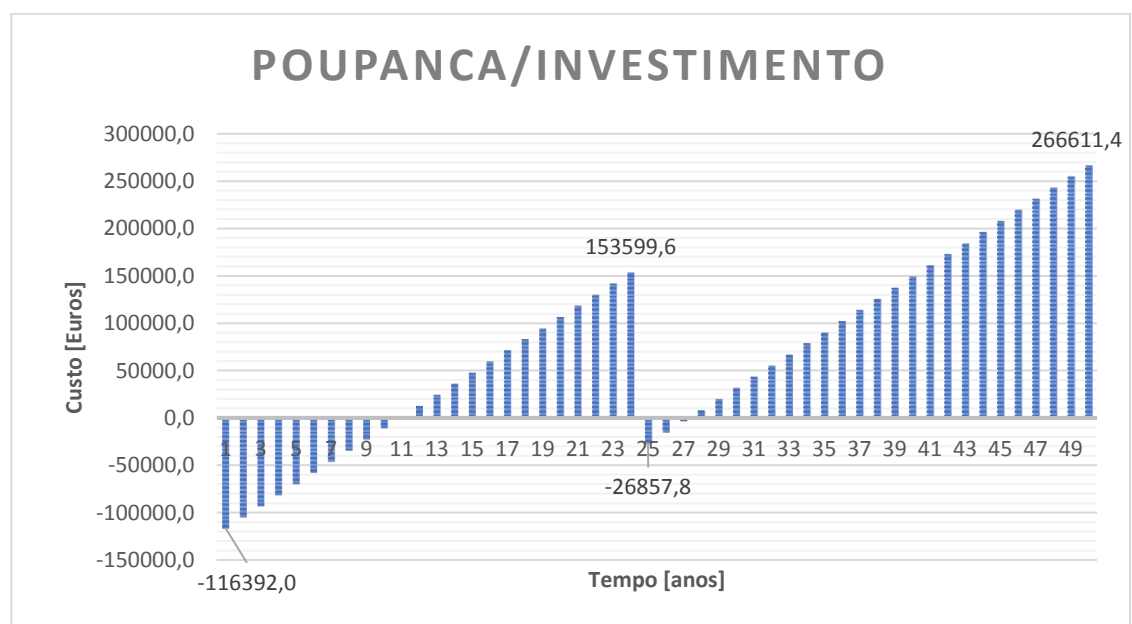


Figura 69. Comparação entre a poupança e o investimento com os painéis adicionados.

Como se pode observar a diferença entre o investimento e a poupança no ano inicial é de 116392 euros, depois, no vigésimo primeiro ano se vai conseguir retornar todo o investimento, isto é devido a que cada Kit produz uma poupança de 176 euros aproximadamente, que no final dos vigésimo primeiro ano é recuperado na sua totalidade. Além, no ano 25, com a substituição dos

painéis por novos, se volta para a parte negativa do investimento, e no final da vida útil do edifício, se observa que a poupança total obtida em euros é de 266611 aproximadamente.

Portanto, existe uma grande diferença, em termos do custo, entre as duas opções para a produção da energia para a iluminação através de fontes renováveis, por isso, se decidiu que a melhoria a implementar é a segunda, pois os painéis fotovoltaicos resultam mais baratos do que os aerogeradores.

A implementação desta melhoria repercute principalmente em dois indicadores, o I8, de energias renováveis, e o I24, de custos de ciclo de vida. No primeiro, com a produção dos 168848 Kwh referentes ao consumo de iluminação do museu, o indicador aumentou desde um nível **E** com um valor normalizado de **-0.02**, até um nível **A**, com um valor normalizado de **0.76**, aumentando assim em quatro níveis o desempenho do museu para este indicador. No indicador dos custos do ciclo de vida, este apresenta uma melhoria para o parâmetro associado ao consumo energético, onde foram reduzidos desde 48.28 kwh/m².ano até 26.01 kwh/m².ano os consumos referentes aos equipamentos não diferenciados no museu.

5.1.4. Substituição das lâmpadas para a iluminação interior

A quarta proposta corresponde à troca dos dispositivos existentes para a iluminação ao interior do museu, tais como as lâmpadas, como se pode observar no **Anexo X**, o nível de iluminação natural no museu é deficiente, portanto é necessário fornecer um bom conforto lumínico mediante a iluminação artificial, e como se observa nos cálculos esta é somente um bocado melhor em cada um dos espaços do museu, pelo tanto é necessário oferecer uma alternativa à iluminação existente no edifício em estudo.

A proposta de melhoria consta somente de lâmpadas led tipo T8 com uma potência de 22 W, oferecendo 2860 lumens por cada unidade. Esta lâmpada LED T8 Nano PC possui uma classe energética A+, e tem uma duração estimada de 30.000 horas, suas dimensões são 1500 mm de largo e 8 polegadas de diâmetro. Tal e como se pode observar nos cálculos que se apresentam no **Anexo XIV**, são 1580 unidades as necessárias para instalar nos 10468 m² que conformam o museu na sua totalidade, tendo em conta que as suas necessidades variam dependendo da sua utilização, onde os escritórios precisam de 750 lux, enquanto os estacionamento, por exemplo, precisam somente de 150 lux (cabe sublinhar que um lux é igual a 1 lúmen por cada m²). No

Anexo XIV se pode apreciar claramente a distribuição do numero de lâmpadas para cada um dos espaços e dos lux que estes requerem.



Figura 70. Lâmpada T8 LED de 2860 lumens e 22 W.

Na Figura 70 se observa que cada lâmpada com sua respetiva régua custa 7.88 euros, totalizando assim 12450 euros para as 1580 lâmpadas a instalar. Com a substituição das lâmpadas halogenas por lâmpadas LED se conseguiu atingir uma poupança de até 6 kwh/m², o que representa quase 3160 euros anuais, pelo tanto o tempo de retorno do investimento inicial, tal e como se observa na Figura 71, é de somente 4 anos, e no final do ciclo de vida do museu se vai conseguir um ganho de aproximadamente 68300 euros. Na Figura 72 se pode observar que a partir do tempo de retorno, em toda a vida útil do edifício em estudo, o museu vai ter somente ganhos enquanto aos investimentos que deverá fazer tendo em conta que a vida útil estimada para cada lâmpada é de 11,5 anos.

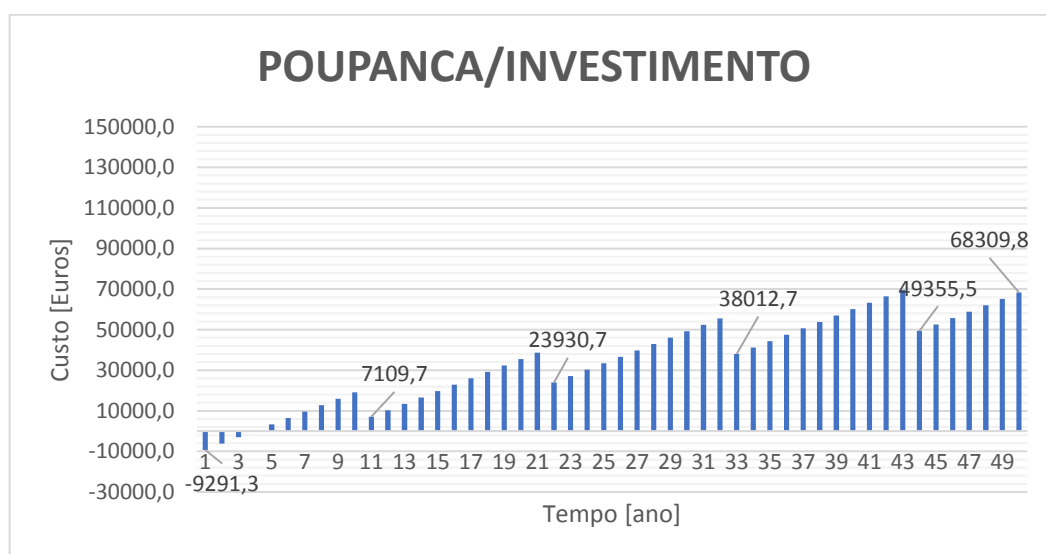


Figura 71. Poupança e investimento da substituição das lâmpadas halogenas LED

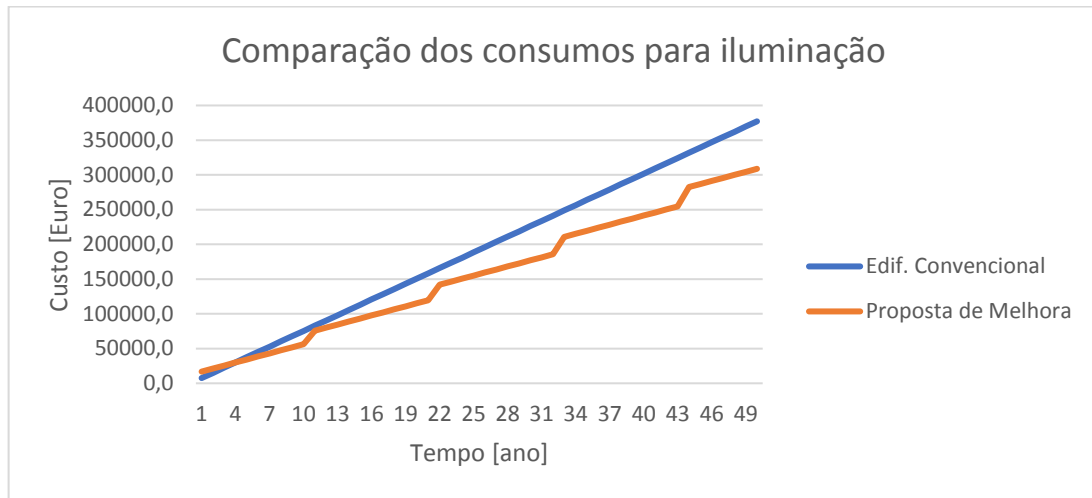


Figura 72. Despesa anual da energia para a ilumina o interior

Esta proposta de melhoria permite um grande incremento no desempenho do museu enquanto ao conforto lumínico, pois se conseguiu atingir um nível A+ com um valor normalizado para o indicador de 1.1. Além, como já se referiu anteriormente, enquanto ao consumo energético se atingiu uma redução de até 6 kwh/m², deixando o consumo para a ilumina o em 9.51 Kwh/m².ano. Em conjunto com as propostas apresentadas anteriormente, ou seja, com a energia produzida pelos 67 kits de painéis solares, e adicionado com a proposta da substituição dos sistemas de climatização, se reduziu o total dos consumos energéticos até 4.24 euros/m².ano, em comparação aos 6.04 euros/m².ano que o museu apresenta atualmente, noutras palavras, com as três propostas, se consegue reduzir o consumo energético até um 29.78%. O nível atingido para o indicador 24 de custos do ciclo de vida será apresentado logo devido   influencia das propostas restantes.

5.1.5. Substituição de dispositivos para o consumo de  gua

A quinta proposta corresponde à troca dos dispositivos existentes do consumo de água, tais como as estruturas dos autoclismos, as torneiras, e a máquina de lavar loiça localizada na zona da cafetaria, isto com o objetivo de ter uns equipamentos com muita mais eficiência, que consomam menos volume de água e que regulem o caudal de utilização dos dispositivos. O primeiro passo realizado foi realizar uma pesquisa dos equipamentos certificados na ANQIP (Associação nacional para a qualidade nas instalações prediais) onde são fornecidos as

empresas e os produtos com eficiência e classe certificada. Os dispositivos utilizados para a substituição são os seguintes:

- Torneira da marca Erix, referencia ET010:

Esta torneira com uma classe A+, possui um difusor que reduz o caudal de água até 5 litro/min, tem um temporizador de 6 segundos, portanto cada utilização da torneira faz um consumo de 0.5 litros, obtendo assim uma redução do 50% do consumo devido ao uso destes equipamentos. No museu somam em total 37 torneiras entre todas as casas de banho existentes nos três andares, cada unidade tem um custo de 35.60 euros, portanto em total o investimento inicial é de 1317.20 euros.

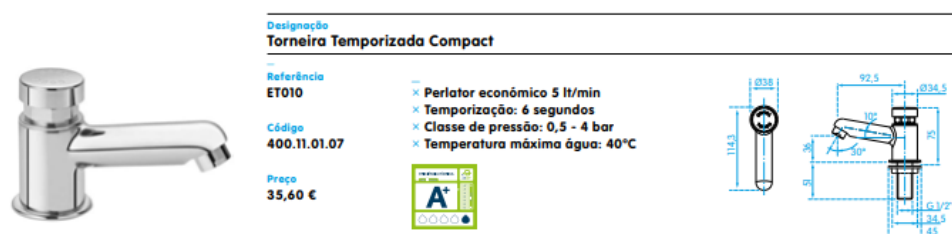


Figura 73. Torneira ERIX ET010 com redução de caudal e temporizador

- Autoclismo ERIX K120:

Tal como nas torneiras, este dispositivo foi encontrado na ANQIP, sua classe é A++, com um tipo de descarga dupla, permitindo regular o volume entre 2-3,5 litros por descarga ou entre 6-9 litros, o volume escolhido para o museu é o menor, obtendo assim uma média de 3 litros por descarga. Sua estrutura é metálica e resistente à corrosão, e para sua instalação é necessária a aquisição duma estrutura de sanita, a escolhida foi a estrutura EE081 da mesma marca, esta estrutura permita fazer uma fixação na parede ou no chão. No museu existem no total 38 dispositivos, o preço por unidade da estrutura e o sistema de autoclismo é de 121.75 euros, totalizando 4626.5 como investimento inicial.

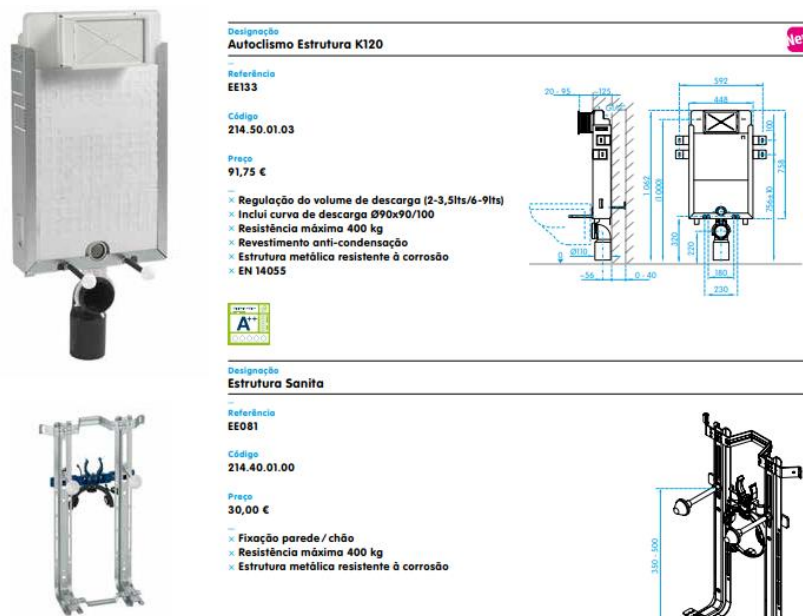


Figura 74. Autoclismo classe A++ e estrutura de fixação (Erix, 2016)

- Maquina de lavar loiça SMEG profissional LP364XT:

Esta máquina de lavar loiça tem uma classe energética A++, e além a eficiência de lavagem é A++, para a eficiência de secagem, esta maquina e lavar somente tem uma classe A. Este novo dispositivo só consome 10.5 Litros por ciclo, com um consumo aproximado de 261 Kwh por ano, além possui um programa rápido de 20 min, pois uma cafetaria precisa de tempos curtos de lavagem, fazendo esta maquina uma boa opção em termos de consumo e de eficiência. O custo desta máquina é de 1799 euros, permitindo reduzir de 20 litros por ciclo até os 10.5 litros já referidos, poupando aproximadamente 88 m3 por ano.



Figura 75. Maquina de lavar louça classe A++ (WORTEN, 2017)

Para o custo inicial, o museu deve fazer um investimento de 7742.7 euros, dependendo dos cuidados e da limpeza que estes dispositivos vão ter, sua vida útil pode ser prolongada até 50

anos, com exceção da máquina de lavar, mas para fazer uma quantificação mais realista e conservadora, se vai supor que aos 25 anos devem ser novamente substituídas estas estruturas, com um custo incrementado de 2% por ano, portanto no ano 25 da vida útil se estima que o custo dos novos dispositivos seja de 11614 euros, aproximadamente. Enquanto aos consumos de água, se conseguiu atingir uma redução de 4236 m³ por ano, até 2002 m³, poupando mais da metade da água consumida, tendo assim uma diminuição do custo anual de 2739.67 euros. Observando a Figura 76 e a Figura 77 se podem observar três coisas, a primeira observação é respeito ao tempo de retorno do investimento, que é de apenas 3 anos, a segunda observação vai na metade da vida útil do edifício, pois no ano 25 há uma diminuição na poupança devido à compra dos equipamentos, e a última observação diz que no final dos 50 anos se vai ter aproximadamente uma poupança de 117000 euros.

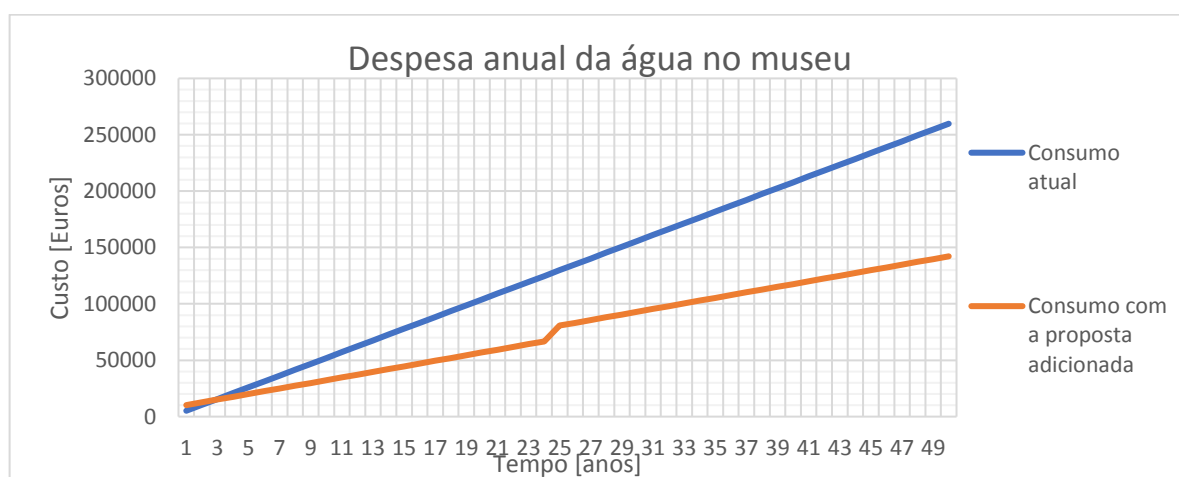


Figura 76. Consumos e custo de água atual e com a melhoria

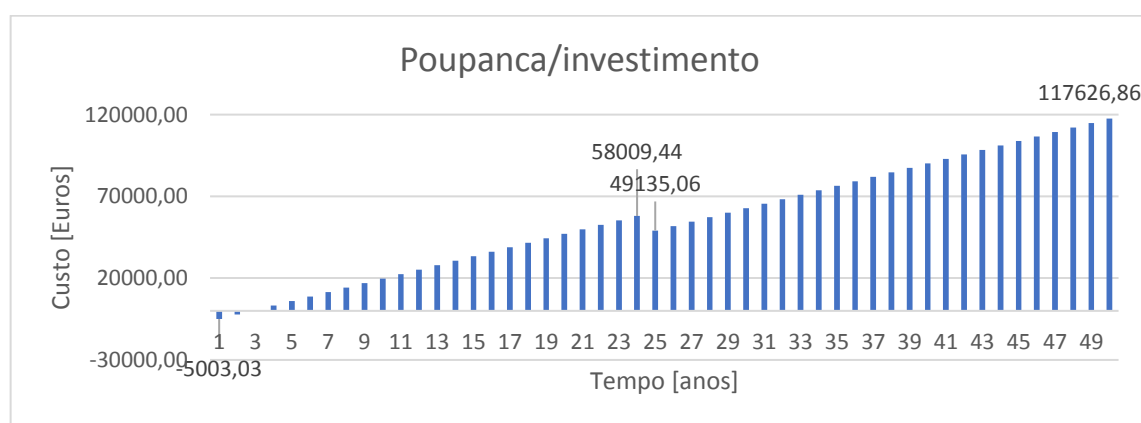


Figura 77. Comparação entre o investimento e a poupança da melhoria

Se esta proposta de melhoria for implementada, teria um impacto positivo em dois indicadores, o I15 do consumo de água, e o I24 de custos de ciclo de vida. Com as reduções do consumo de água referidas anteriormente, que foram do 52%, no indicador 15, o museu conseguiria

aumentar o desempenho desde o nível **D**, com um valor normalizado de **0**, até o nível **A+**, com um valor normalizado de **1.2**, sendo este o máximo possível a obter numa avaliação da metodologia SBTOOL. Enquanto ao indicador 24 dos custos de ciclo de vida, a proposta conseguiu reduzir os custos associados ao consumo de água de 0.637 euros/m² anual, até 0.303 euros/m², melhorando assim o parâmetro do consumo de água neste indicador. O nível de desempenho atingido neste indicador será quantificado no final da apresentação das propostas de melhoria.

5.1.6. Sensibilização e formação para a utilização sustentável

Para esta proposta serão apresentadas uma lista de melhorias que vão desde a simples formação de pessoal, até a aquisição de depósitos para resíduos de distintos tipos. O objetivo desta proposta é promover uma adequada gestão de recursos durante a fase de utilização do edifício, e melhorar a segurança dos ocupantes. Clarifica-se que esta proposta não traz um tempo de retorno aos possíveis investimentos que se devem fazer, pois a intenção é somente criar ou aumentar uma filosofia do cuidado ao meio ambiente no museu, ensinando aos utilizadores, trabalhadores e visitantes, o importante e primordial que é mudar os maus hábitos que atualmente se podem ter, e mostrar os impactos positivos que estes podem trazer. Esta proposta incrementa os desempenhos dos indicadores 13 de gestão ambiental, e uma pequena parte do indicador 23 respeito a segurança dos ocupantes. As sugestões são as seguintes:

- Examinar os consumos de água mensalmente através dos valores obtidos nos sistemas de monitorização e nas faturas e contas de água e energia, implementando, em caso de ser necessário, medidas corretivas a estes consumos. Adicionalmente devem-se instalar equipamentos que ajudem a monitorizar os consumos de água e energia diretamente.
- Destinar um reservatório para o armazenamento de óleos alimentares usados na cafetaria, e assim evitar aumentar a contaminação das águas residuais.
- Destinar um local para a armazenagem de pilhas usadas.
- Destinar um local para o armazenamento de resíduos orgânicos provenientes da cafetaria (sem incluir carne nem outro tipo de alimento processado), de modo a garantir sua compostagem.
- Destinar um local para o armazenamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, por exemplo, equipamentos informáticos, aquecedores, entre os quais podem estar todos os dispositivos a substituir.

- Destinar um local para o armazenamento de tinteiros de impressoras a laser ou a jato de tinta, dos toneres das fotocopiadoras e dos aparelhos de fax.
- Adquirir sempre que possível papel reciclável para os distintos usos (papel higiênico, envelopes, papel de fotocopia, entre outros).
- Adquirir sempre que seja possível produto de jardinagem com rótulo ecológico.
- Em cada renovação de dispositivos e equipamentos, os objetos substituídos devem ser vendidos ou oferecidos a instituições de caridade ou outras instituições que os distribuam. No caso de estar num mau estado, devem ser encaminhados para uma entidade gestora de resíduos de equipamentos eletrônicos local.
- Adquirir uns 100% produtos de limpeza com rótulo ecológico.
- Disponibilizar um programa de informação para os utilizadores como panfletos, advertências, folhetos, entre outros, para o correto uso dos recursos e promover a sustentabilidade no diário viver.
- Agendar reuniões mensais com os utilizadores permanentes do edifício para discutir e aprender mais sobre as políticas de sustentabilidade do edifício. Preparando estágios e seminários de formação quando for necessário para que os utilizadores permanentes se certifiquem de que compreenderam as políticas do estabelecimento.
- Colocar à disposição dos utilizadores informações sobre a política de sustentabilidade, as medidas adotadas assim como certificações, através de notas informativas e de sensibilização visíveis.
- Adicionar sinais indicativos para garantir que os utilizadores desliguem as luzes e outros equipamentos elétricos quando não estão a ser utilizados ou quando eles não se encontram no local. Bem como colocar informação apropriada nas casas de banho acerca da sua utilização com vista à economia de água.
- Criar e promover um manual à disponibilidade dos funcionários para a sua formação e sensibilização, que indicam medidas e funções a implementar assim como explicações de alguns procedimentos a efetuar, com vista a uma gestão sustentável do estabelecimento. O manual deve ser feito e organizado em função dos diferentes departamentos (Direção, Administração, Recepção, entre outros) e das diferentes categorias em que devem ser tomadas medidas pelos respetivos departamentos (Energia, Água, Resíduos e Reciclagem, entre outros), de tal forma que cada pessoa compreende as medidas que lhe compete cumprir, respeito ao cuidado da água, energia, a gestão dos resíduos sólidos e reciclagem, e a utilização e depósito dos produtos químicos.

- Enquanto a segurança dos ocupantes deve-se aumentar o número de extintores no edifício, procurando que a distância máxima entre um extintor e qualquer ponto do interior do edifício seja igual ou inferior a 10 metros.

Se fossem cumpridas todas as sugestões listadas anteriormente, o indicador 13, de gestão ambiental, aumentaria o desempenho desde um nível **E**, com um valor normalizado de **-0,2** (o mínimo possível), até um nível **A**, com um valor normalizado de **0.93**. Enquanto ao indicador 23 de segurança dos ocupantes, somente com a melhoria dos extintores, somaria 10 créditos na quantificação, aumentando um nível de desempenho, desde um valor de **0.58**, com um nível **B**, até um valor de **0.75**, com um nível **A**. Como mencionado anteriormente, estas propostas não trazem um tempo de retorno do investimento, porém, é bom sublinhar que entre melhores sejam as praticas dos utilizadores, menores serão os consumos, e, portanto, as despesas serão menores.

5.1.7. Reservatório de águas pluviais:

A última proposta de melhoria consiste num reservatório para armazenar águas pluviais e utiliza-las para suprir o 65% do consumo total das bacias de retrete. Por isso esta proposta deve ser adicionada após a substituição dos dispositivos de consumo de água, e assim evitar que se tenha de instalar um reservatório com maiores proporções. O cálculo foi realizado utilizando dois métodos que relacionam o consumo do edifício, e o potencial de recolha de água pluvial que este tem, o primeiro, o método de Rippl com utilização de conceitos de hidrologia básica, e o segundo é o método australiano.

- Método de Rippl:

Este método consiste em calcular, primeiro, o potencial de recolha de água na cobertura, tendo em conta as precipitações médias mensais dos últimos 30 anos, as quais foram obtidas no portal do clima, website que pertence ao IPMA (Instituto Português do mar e da Atmosfera), a área total da cobertura, e os coeficientes de captação que dependem do tipo de material que compõe a cobertura. Depois com os consumos reduzidos a 3 litros por utilização nas bacias das retretes, se calcularam os consumos por mês. Tendo em conta que a área da cobertura é de 5246 m², se quantificou um depósito de **102 m³**, para assim suprir o 65% do consumo das bacias de retrete. No Quadro 62. Cálculos para quantificar o depósito de águas pluviais com o método de Rippl. Se apresentam os cálculos realizados para obter um abastecimento de todos os meses para água

consumida nas bacias das retretes. A seguir apresentam-se as equações utilizadas para o cálculo do volume do reservatório.

$$Qt = C * P * A * k \quad (40)$$

Onde Qt é o volume de água pluvial no tempo t, C é o coeficiente de escoamento superficial (adotado como 0.8, segundo as recomendações da NBR 15527 de 2007), P é a precipitação média no tempo t (em mm), A é a área de captação em projeção no terreno (m²), e K +eé coeficiente do tipo de cobertura (no caso do museu a cobertura é plana pelo tanto se tomou um valor de 0.9).

$$St = Dt - Q \quad (41)$$

Onde St é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (em litros), Dt é a demanda ou consumo de água acumulada no tempo t (em litros), e Q é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (em litros). Importa referir que o número de dias por mês foi quantificado tendo em conta que o museu está fechado todas as segundas, e as precipitações ao igual do que no método australiano, foram tomadas do Portal do clima Portugal.

Quadro 62. Cálculos para quantificar o depósito de águas pluviais com o método de Rippl.

Mê s	No. De dia s	Precipitação [mm]	Consum o por mês [L]	Litros recolhidos pela cobertura Qt [L]	Litros recolhido s por mês [L]	Consumo acumulad o Dt	Água recolhida acum. Q	Diferencia de acumulad os St
Jan	27	58.2	64488.06	219860.65	102000.0	64488.06	102000	37511.9
Fev.	24	54.6	57234.06	206261.02	102000.0	121722.12	204000.0 0	82277.9
Mar	27	54.4	64488.06	205505.49	102000.0	186210.18	306000.0 0	102000.0
Abr.	26	45.3	62070.06	171128.65	102000.0	248280.24	408000.0 0	102000.0
Mai	27	20.5	64488.06	77442.33	77442.3	312768.3	485442.3 3	102000.0
Jun	26	8.2	62070.06	30976.93	30976.9	374838.36	516419.2 6	102000.0
Jul	27	0.4	64488.06	1511.07	1511.1	439326.42	517930.3 3	78603.9
Ago	27	2.9	64488.06	10955.26	10955.3	503814.48	528885.5 8	25071.1
Set	26	10.1	62070.06	38154.51	38154.5	565884.54	567040.0 9	1155.6
Out	27	35.3	64488.06	133351.91	102000.0	630372.6	669040.0 9	38667.5
Nov	26	59	62070.06	222882.79	102000.0	692442.66	771040.0 9	78597.4

Dec	27	77.7	64488.06	293525.30	102000.0	756930.72	873040.0 9	102000.0
-----	----	------	----------	-----------	----------	-----------	---------------	----------

Na Figura 78 se pode apreciar a diferença entre os consumos por mês e a captação de água nos mesmos, onde se pode observar que no mês de julho a recolha de água é quase nula, enquanto ao mês de dezembro apresenta a maior precipitação do ano.

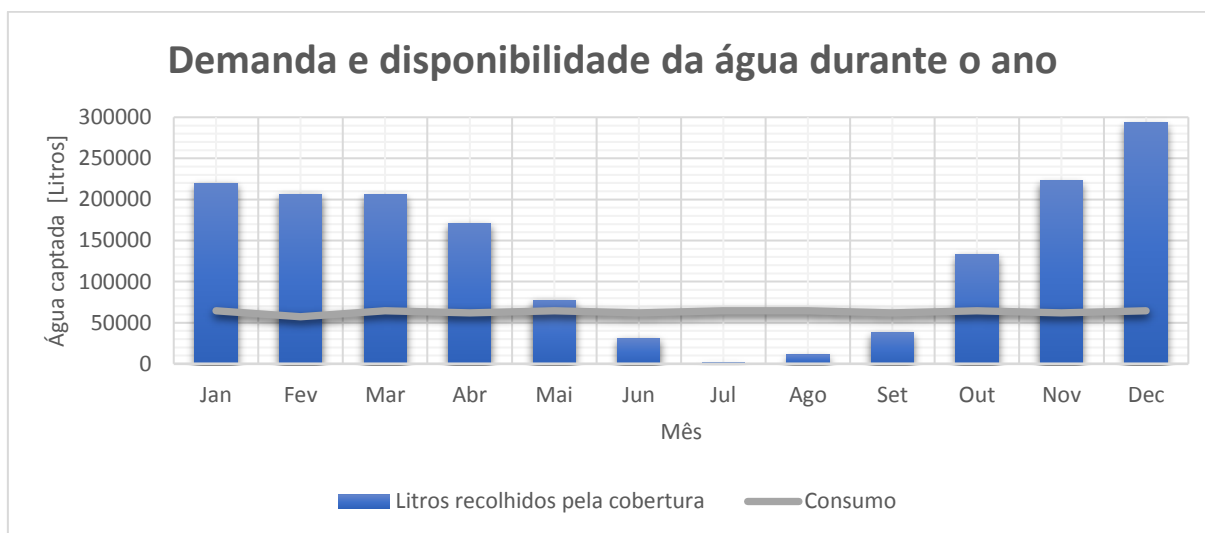


Figura 78. Precipitação e consumo de água no edifício em estudo.

Na Figura 79 se pode observar o nível de água no reservatório ao longo do ano, concluindo que o mês de setembro é o nível mais crítico do ano com só 1.15 m³ mais do que o consumo recolhido no reservatório, isto deve-se à falta de recolha de água desde o mês de julho.

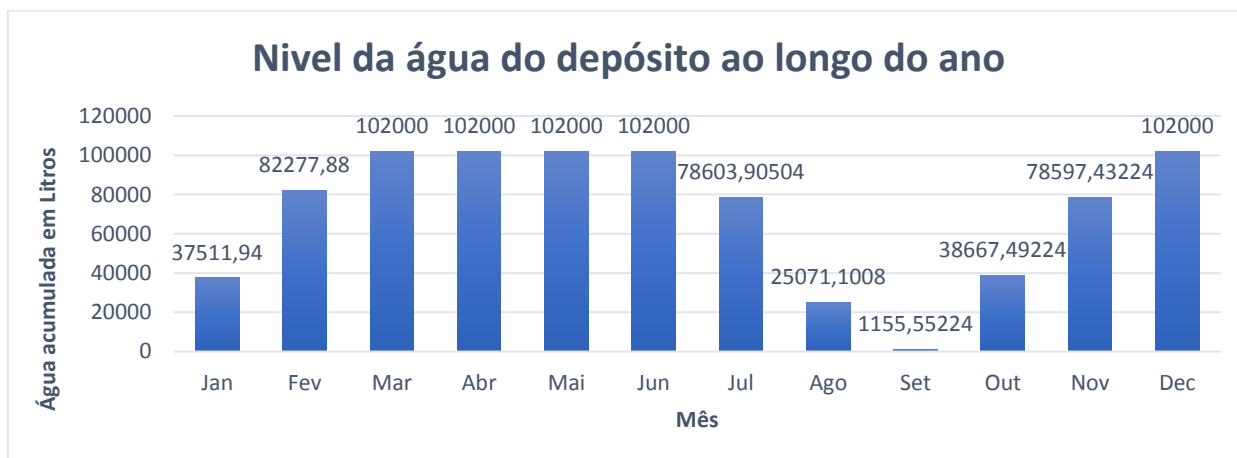


Figura 79. Nível da água no depósito por mês

- Método australiano:

Este método difere do método de Rippl em que por cada mês vão ser restados 2 mm de precipitação, isto é utilizado como prevenção à falta de água que este país tem em longos períodos de tempo, de resto, o método de cálculo é o mesmo, relacionando o consumo existente no edifício e o potencial de recolha da cobertura. Para este método foi utilizada a seguinte equação:

$$Vt = Vt.1 + Qt - Dt \quad (42)$$

Onde Qt é o volume mensal produzido pela chuva, Vt é o volume de água que está no tanque no fim do mês, Vt.1 é o volume de água que está no tanque no início do mês, e Dt é a demanda mensal para o consumo de água. No final o reservatório quantificado tem um volume de 190 m³, para poder fornecer o total do 65% da água consumida, tendo uma grande diferença com o método de Rippl, devido às reduções nas precipitações que este método utiliza. Os resultados dos cálculos são apresentados no quadro a seguir:

Mês	No. De dias	Precipitação [mm]	Consumo por mês (Dt) [L]	Litros recolhidos pela cobertura (Qt)	(Vt.1) Volume no reservatório ao início do mês	(Vt) Volume no reservatório ao fim do mês
Jan	27	58.2	64488.06	235894.7792	0	171406.7192
Fev	24	54.6	57234.06	220784.0816	171406.7192	190000
Mar	27	54.4	64488.06	219944.5984	190000	190000
Abr	26	45.3	62070.06	181748.1128	190000	190000
Mai	27	20.5	64488.06	77652.196	190000	190000
Jun	26	8.2	62070.06	26023.9792	190000	153953.9192
Jul	27	0.4	64488.06	0	153953.9192	89465.8592
Ago	27	2.9	64488.06	3777.6744	89465.8592	28755.4736
Set	26	10.1	62070.06	33999.0696	28755.4736	684.4832
Out	27	35.3	64488.06	139773.9528	684.4832	75970.376
Nov	26	59	62070.06	239252.712	75970.376	190000
Dec	27	77.7	64488.06	317744.3912	190000	190000

Na Figura 80 se pode apreciar a diferença entre os consumos por mês e a captação de água nos mesmos, onde se pode observar que no mês de julho a recolha de água é nula, enquanto ao mês de dezembro apresenta a maior precipitação do ano.

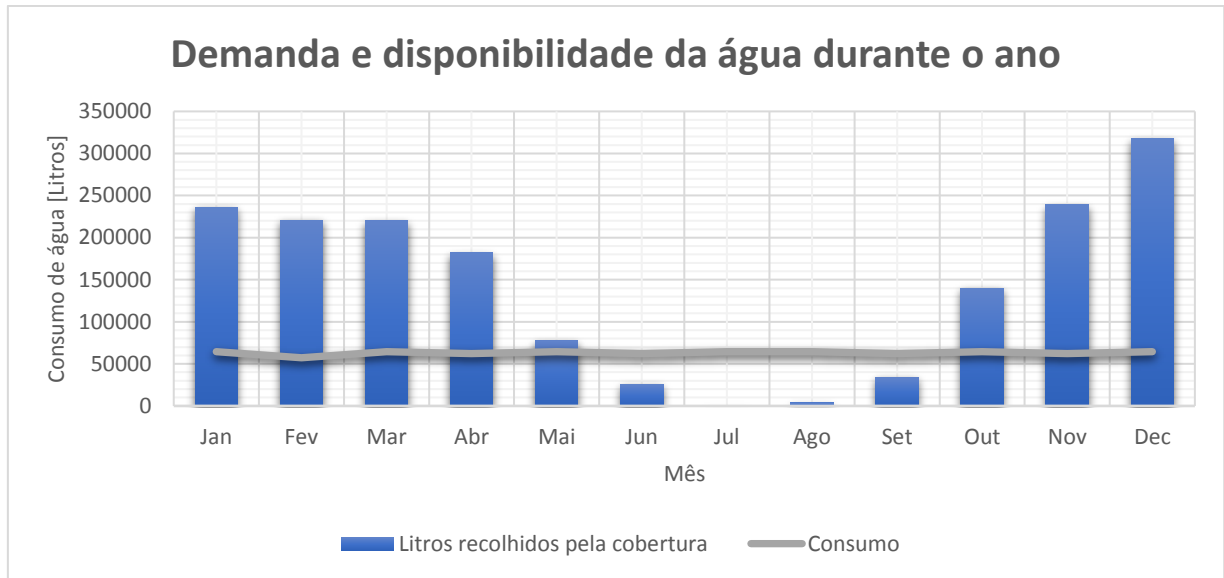


Figura 80. Precipitação e consumo de água no edifício em estudo.

Na Figura 81 se pode observar o nível de água no reservatório ao longo do ano, concluindo que o mês de setembro é o nível mais crítico do ano, com só 0.7 m^3 mais do que o consumo recolhido no reservatório, isto deve-se à falta de recolha de água desde o mês de julho.

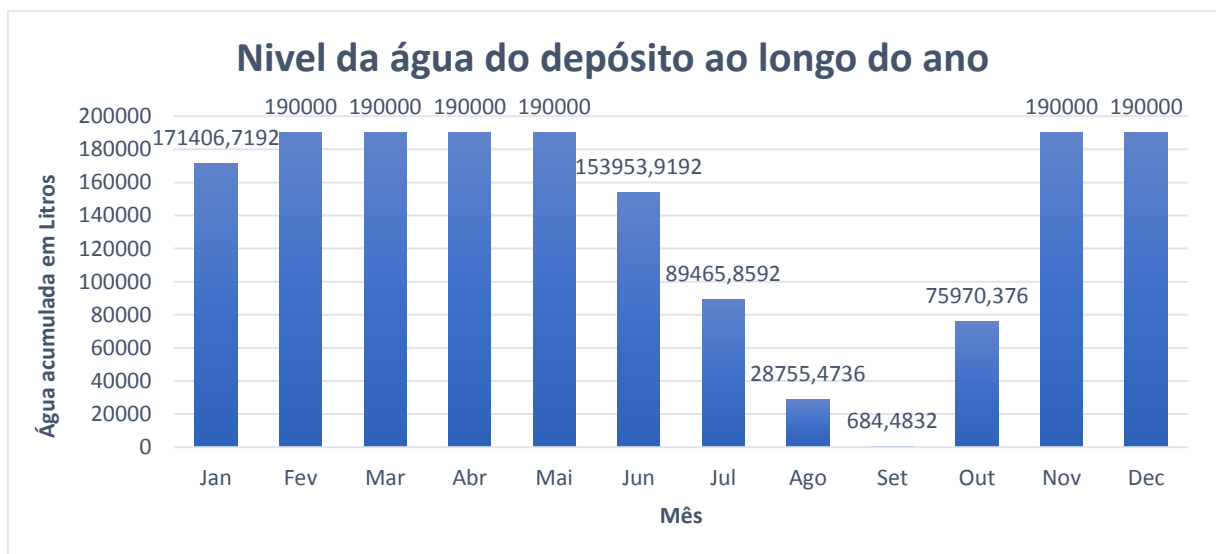


Figura 81. Nível de água no depósito por mês

Como resultado das diferenças entre os volumes dos reservatórios quantificados nos dois métodos, se decidiu fazer uma ponderação entre os dois, dando um peso de 75% ao método de Rippl, e 25% ao método australiano, isto devido as diferenças entre as condições climáticas existentes entre os dois países. Portanto o volume final do reservatório vai ser de 124 m^3 , que vai estar dividido em dois tanques enterrados de 56 m^3 , e um tanque que irá na cobertura de 16

m³, isto com o objetivo de diminuir os custos de transporte e colocação, pois ficam muito mais facilitados.

O custo dos três reservatórios, com todos os acessórios para seu funcionamento e com a bomba encarregada de levar a água até o ponto mais alto (o edifício tem uma altura de 18 m), é de 30000 euros. Todos os reservatórios e acessórios são da marca GRAF, com exceção da bomba, que vai ser fornecida pela empresa AQUAMATIC, a seguir apresenta-se uma lista dos equipamentos e dispositivos a adicionar:

- Dois tanques da marca GRAF de 56 m³, cada um, referencia 380008, com diâmetro interno do domo de 650 mm, longitude de 14200 mm, e um peso de 2185 kg. Seu envio está disponível em caminhão.
- Um tanque da marca GRAF de 16 m³, referencia 380001, com um peso de 805 kg, um diâmetro interno do domo de 650mm, e uma longitude de 4660mm, seu envio está disponível em caminhão.
- Um filtro para cada tanque da marca GRAF, referencia optimal XXL, somente produz perdas de altura de 45mm, com um caudal máximo de 100 litros/s.
- Eletrobomba centrífuga multicelular STAIRS-Sb 10-7 da marca AQUAMATIC, que tem uma potencia de 3 KW, sendo útil para edifícios de mais de 20 metros de altura, e com caudais de 5 m³/h.



Figura 82. Reservatórios enterrados da marca GRAF com diferente volume (GRAF, 2016)

Optimax XXL filter

- Wateryield of over 95 %
- Self-cleaning filter principle
- Stainless steel filter insert with 0.35 mm(0.01") mesh
- Maximum flow rate of 100 l/s (27 US gal.) with connection DN 300 (12") and 200 l/s (54 US gal.) with DN 400 (16")
- Patented filter technology
- Larger connections on request
- Includes cleaning unit
- Height loss of just 45 mm (1.75") between Inlet and dirty water outlet

Webcode G2207

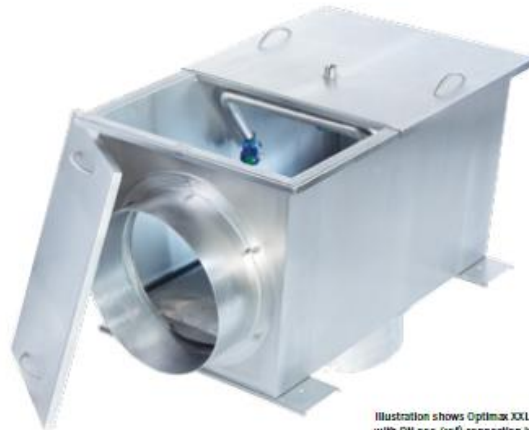


Illustration shows Optimax XXL with DN 300 (12") connection kit

Figura 83. Filtro OPTIMAX XXL para os reservatórios (GRAF, 2016)

STAIRS - SÉRIE SB 10



STAIRS - SB 10

Eletróbombas centrífugas multicelulares verticais.
Para líquidos limpos, sem corpos sólidos ou abrasivos.
Temperatura máxima do líquido bombeado: de -15°C a + 120°C.
Profundidade Máxima de aspiração: 7 mts.

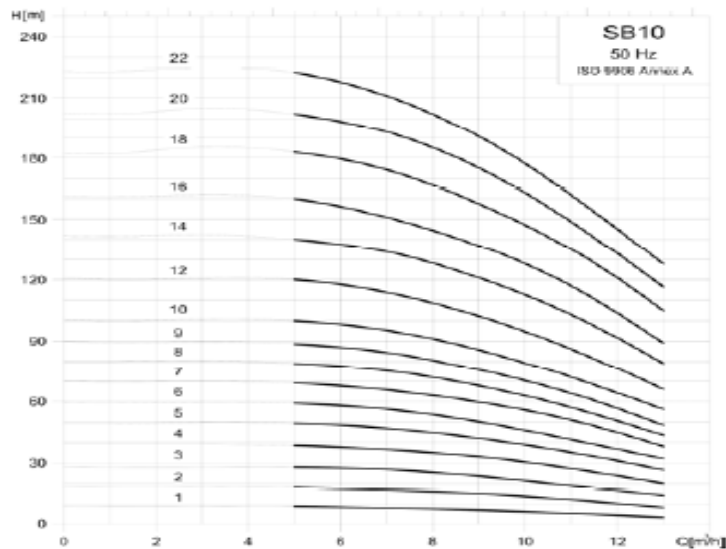


Figura 84. Bomba da marca AQUAMATIC série SB10 (AQUAMATIC S.A., 2015)

Em total, por ano, a poupança no consumo de água vai ser de 756.9 m³, aproximadamente, tendo em conta que a tarifa média de água por cada metro cúbico é de 1.26 euros, a poupança por ano vai ser de 955 euros. Estes tanques tem uma esperança de vida de 50 anos, portanto o edifício inicialmente, pois os cuidados e a manutenção podem afeta-la, somente deve investir

uma vez adquirindo os três reservatórios, enquanto a bomba, esta tem somente 25 anos de vida útil, portanto deve-se substituir no vigésimo quinto ano de uso. Na Figura 85 se observa que o tempo de retorno se encontra no trigésimo terceiro ano, e que no ano 25 aumentou o consumo no valor da substituição da bomba. Enquanto a Figura 86 se podem extrair quatro observações, a primeira é com respeito ao investimento inicial, pois ronda os 29000 euros tendo em conta que a poupança por ano são aproximadamente 1000 euros, a segunda se vai dar na metade da vida útil do edifício, onde as poupanças se vêm diminuídas pela substituição da bomba hidráulica, a terceira é com respeito aos ganhos do investimento, os quais começam no ano vigésimo terceiro, e a ultima observação consta do ganho final, pois em total vão ser 16775 euros ao fim da esperança de vida do edifício em estudo.

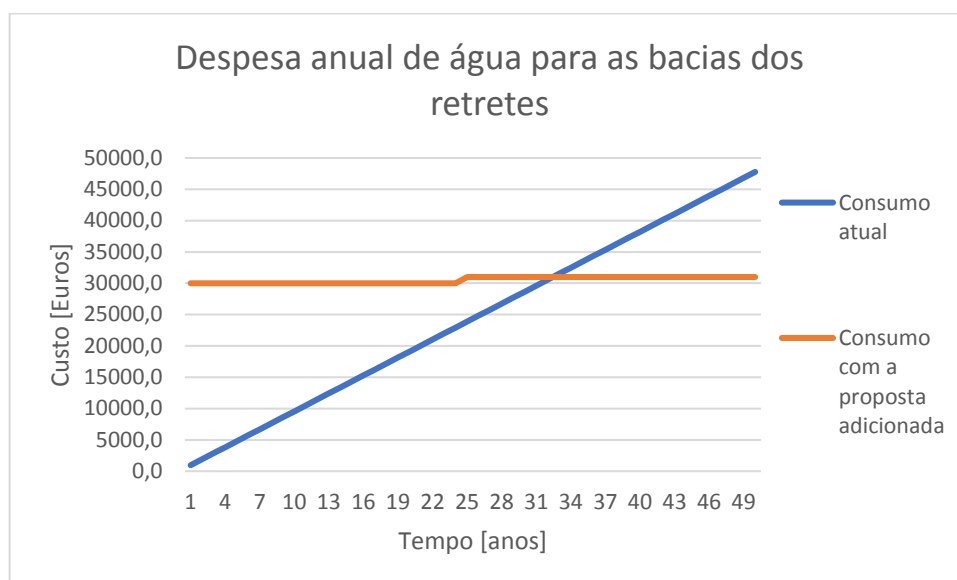


Figura 85. Consumos e custo de água das bacias de retrete atuais e com a melhoria.

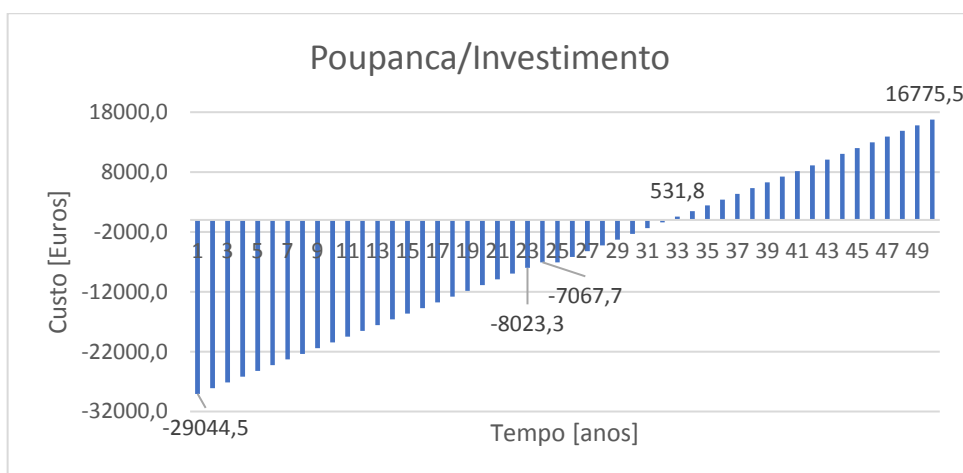


Figura 86. Comparação entre o investimento e a poupança da melhoria.

Esta proposta ao ser implementada tem um impacto direto em dois indicadores, aumentando o seu nível de desempenho. O primeiro é o indicador 16 (Reciclagem e tratamento de água), onde o coeficiente de satisfação-CSAT, aumentou desde um 0% até um 65%, sendo suficiente para aumentar o desempenho desde um valor normalizado de **0** com uma classe **D**, até um valor normalizado de **0.65** com uma classe **B**. Enquanto ao segundo indicador, o 24 de custos de ciclo de vida, no parâmetro de custos de operação associados ao consumo de água, se atingiu uma diminuição de 0.33 euros/m², até 0.18 euros/m², devido ao aumento da percentagem de água recicladas e tratadas-PRCA num 37%; para este indicador, todas as melhorias propostas anteriormente que afetaram direta e indiretamente, em conjunto conseguiram aumentar o desempenho do edifício desde um valor normalizado de **0.47** e uma classe **B**, até um valor de **0.71**, e uma classe **A**.

5.2.Avaliação global com as propostas de melhoria

Nos índices anteriores foram assinalados os incrementos nos desempenhos dos indicadores influenciados pelas propostas de melhoria, nesta secção somente se vai mostrar como se desempenham agora as categorias, o nível global atingido, e a nova escala de cores que resume os desempenhos de cada indicador e a nota global atingida.

No Quadro 63 se observa que houve uma grande melhoria em duas categorias, tal como a categoria 6 de conforto e saúde dos utilizadores, a categoria 5 da água, aumentou seu desempenho desde uma classe D até uma classe A. Por sua parte, a categoria de Energia, incrementou a sua classe desde o nível D até o nível B. Além, três categorias aumentaram o desempenho até uma classe melhor; no caso da categoria 4 de materiais e resíduos sólidos, esta categoria aumentou o desempenho desde o nível C até o nível B, enquanto à categoria 8, esta aumentou o desempenho desde o nível B até o nível A. Apesar de não conseguir aumentar o nível atingido da categoria 9 de custos de ciclo de vida, o seu desempenho foi aumentado como se observa no valor dos custos de operação e no valor normalizado dos custos de ciclo de vida, os quais foram reduzidos num 25% e num 12%, respetivamente. Se pode concluir que com as propostas de melhoria se vai obter um grande avanço, como se pode ver através do seguinte gráfico, onde se observa que nenhuma das categorias ficou abaixo do nível B, o que diz que agora, com as melhorias implementadas, o edifício em estudo apresenta um bom desempenho em cada uma das categorias.

Quadro 63. Comparação entre os desempenhos atingidos nas categorias antes e após das melhorias.

DESAGREGAÇÃO DO DESEMPENHO POR CADA CATEGORIA									
	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6	C 7	C 8	C 9
A+		•							
A	•				•	•	•	•	•
B			•	•				•	•
C				•					
D			•		•	•			
E									
<p>Legenda</p> <p>• Após a melhoria</p> <p>• Antes da melhoria</p>	NA		C1	Alterações climáticas e qualidade do ar interior					
			C2	Biodiversidade					
			C3	Energia					
			C4	Materiais e resíduos sólidos					
			C5	Água					
	NS		C6	Conforto e saúde dos utilizadores					
			C7	Acessibilidade					
			C8	Segurança					
		NE	C9	Custos de ciclo de vida					

No Quadro 64 se podem observar três melhorias, nas primeiras duas dimensões, e na nota global. A dimensão que apresentou o maior progresso no desempenho foi a dimensão social, pois teve um aumento desde **0.22** até **0.88** no seu valor ponderado, incrementando a classe em dois níveis, atingindo assim o nível **A**. Enquanto à dimensão de maior peso, esta também teve uma grande melhoria, aumentando o valor ponderado desde **0.51** até **0.81**, sendo uma diferença de 0.30 que permitiu aumentar o nível de desempenho desde **B** até **A**. A última dimensão, a económica, também apresentou um grande incremento no seu desempenho, com uma diferença de 0.17 no valor normalizado de desempenho, porém não se conseguiu aumentar sua classe, ficando numa classe **B**, pero da classe **A** graças ao seu valor ponderado que teve um incremento desde **0.47** até **0.71**. Todos estes incrementos nos desempenhos das dimensões levaram consigo um grande incremento no nível de sustentabilidade, pois antes das propostas de melhoria este tinha um valor de **0.41** (Tendo muita pouca diferença respeito ao nível **C**), e conseguiu-se aumentá-lo até um valor de **0.73**, o que representa uma nota global **A**, sendo um excelente desempenho e um grande incremento na sustentabilidade geral do edifício.

Quadro 64. Comparação entre os desempenhos atingidos nas dimensões antes e após das melhorias

ETIQUETA DE SUSTENTABILIDADE				
	NA	NS	NE	NG
A+				
A	•	•	•	•
B	•		•	•
C		•		
D				
E				
Legenda		NA	Nota Ambiental	
		NS	Nota Social	
•	Após a melhoria	NE	Nota Económica	
•	Antes da melhoria	NG	Nota Global	

Por último, no **Anexo XV** se consegue observar quanto aumentou cada indicador com todas as melhorias implementadas, com a ajuda das escalas de cores, onde para as avaliações, a cor verde representa o melhor desempenho, a cor amarela representa um desempenho deficiente, e a cor vermelho representa um desempenho mau.

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Neste capítulo apresenta-se uma síntese dos principais temas que foram tratados e desenvolvidos em todos os capítulos desta investigação. Mesmo que umas conclusões e observações já foram assinaladas anteriormente, especialmente no capítulo anterior, as mais importantes devem ser novamente mencionadas, podendo surgir repetições, mas devem ser enfatizados os aspetos mais relevantes que incrementaram o desempenho sustentável do edifício em estudo.

Os engenheiros, além de fornecer edifícios que sejam seguros estruturalmente, devemos perceber que há uma necessidade que está crescendo com urgência, e é a necessidade de diminuir os recursos utilizados, sabendo que a indústria da construção é uma das que mais impactes ambientais gera. Porém, este grande consumo de recursos existe não apenas pela mesma construção das edificações, mas igualmente pela utilização que as pessoas fazem dentro dos mesmos, sendo isto o resultado da qualidade com que as edificações foram construídas, pois entre maior for a qualidade, menor vai ser o consumo por parte dos utilizadores, o que também repercute na parte económica dos mesmos. De maneira geral, os engenheiros temos o dever de criar edifícios que sejam excelentes em termos estruturais, e que tenham um excelente desempenho em termos ambientais, sociais e económicos.

O segundo capítulo da dissertação foi dedicado à enunciação da história e o desenvolvimento da construção sustentável, que surgiu como resposta ao excessivo consumo dos recursos naturais renováveis e não renováveis. Este movimento nasceu na década de 70 do século XX, onde começaram a surgir relatórios apontando à necessidade de controlar estes consumos, mas foi até o ano 1992 que começaram a surgir movimentos internacionais como a conferência das Nações Unidas no Rio de Janeiro para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (UNCED), mais comumente conhecida como RIO-92, onde nasceu a Agenda 21, a qual estabeleceu um novo padrão de desenvolvimento ambiental. Seguidamente à RIO-92, no ano 1997 foi efetuada a 3ª conferência das Nações Unidas sobre as alterações climáticas, em Quito, iniciando o Protocolo de Quito, que estabeleceu objetivos aos países mais importantes para a redução nos impactes ambientais. Todos estes protocolos a nível internacional, levaram a Portugal a realizar suas próprias estratégias para reduzir os excessivos consumos de recursos e os impactes que estes trazem, entre os quais existem a estratégia 2020, que procura reduzir as emissões de gases de

efeito estufa em 20% para o ano 2020, gerar um 20% da energia total consumida a partir de fontes renováveis, e aumentar em 20% a eficiência energética do edificado português. Voltando as consequências derivadas das conferências mundiais e políticas, surgiu a necessidade de desenvolver métodos e ferramentas que permitissem o estudo do desempenho sustentável das edificações, e assim poder avaliar o desempenho dos novos projetos que estavam a ser implementados em distintas partes do mundo. Portanto foram desenvolvidas metodologias que padronizaram a sustentabilidade da construção dum modo global, permitindo analisar e comparar varias soluções com o objetivo de rever as melhorias e aumentar ainda mais o desempenho ambiental das edificações. Foi assim, que no início dos anos 90, foi desenvolvido o método BREEAM, sendo um dos sistemas de avaliação mais difundidos, com 200.000 edifícios certificados e mais de 1'200.000 em processo de certificação. Seguidamente outra das metodologias mais importantes e reconhecidas, a metodologia LEED (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN), nasceu no ano 1994, nos Estados Unidos, sendo aplicado em mais de 40 países devido a sua flexibilidade para ser aplicado em qualquer tipo de construção. Atualmente em Portugal há dois métodos que são os mais reconhecidos e aceites ao nível do país, o primeiro, o método LIDERA, desenvolvido no início dos anos 2000 pelo IST, avaliando sete categorias da sustentabilidade, e o método SBTOOL-P, desenvolvido na universidade do Minho, foi o método utilizado nesta dissertação para a avaliar e otimizar a sustentabilidade do edifício em estudo. Esta metodologia procura avaliar as três dimensões da sustentabilidade, a ambiental, a social e a económica, sendo divididas em nove categorias, cada uma com um peso específico que é atribuído de acordo à importância de cada uma. Por ultimo, no segundo capítulo foram apresentados exemplos existentes das medidas introduzidas em diferentes edifícios de serviços para assim incrementar a sustentabilidade dos mesmos, como por exemplo um teto verde na academia de ciências de Califórnia, os painéis prefabricados com cânhamo e cal nas paredes externas da loja OAKS em Liverpool, o sistema de gestão técnica integrado no museu Bardini em Florencia para aumentar a qualidade do conforto interior, entre outros.

No terceiro capítulo foi apresentada a metodologia utilizada na dissertação, onde foram explicadas as diferenças que existem entre o manual de avaliação do SBTOOL para edifícios de serviços e para edifícios residenciais, além dos indicadores que não foram avaliados no edifício em estudo devido às condições que este apresenta. Por ultimo se explicou a forma como é quantificada a nota de sustentabilidade global, que depende das três dimensões, as quais a sua vez dependem de nove categorias, e estas últimas estão divididas em vinte e quatro indicadores,

cada um com um peso diferente, que em conjunto com os seus desempenhos quantificarão o nível de sustentabilidade de cada um.

É até o quarto capítulo onde se começam a realizar os objetivos estabelecidos, onde no início foram apresentadas todas as características, equipamentos, estudos e outras informações relevantes ao museu em estudo. Depois começou-se a explicar o processo de avaliação segundo a metodologia SBTOOL-PT e os cálculos que foram realizados para quantificar o nível de desempenho de cada um dos indicadores, categorias e dimensões a avaliar. Resultado desta avaliação se conseguiram obter múltiplas observações e conclusões. Tal e como foi apresentado no Quadro 48, a dimensão que melhor desempenho apresenta no edifício em estudo é a ambiental, isto deve-se principalmente à reutilização de toda a estrutura que hoje em dia compõe a edificação, a qual foi construída para a EXPO 98, sendo esta conclusão secundada pelos resultados obtidos no Quadro 45, onde foram apresentados os resultados obtidos das avaliações feitas para cada categoria existente na dimensão ambiental, onde se pode apreciar que, por exemplo, as categorias três e cinco, que são da energia e a água respetivamente, apresentam atualmente um desempenho deficiente, sendo o resultado das poucas precauções que foram tidas em conta na fase de desenho do museu, tais como a utilização de equipamentos com alta eficiência energética, dispositivos redutores do consumo da água, e da falta de equipamentos para a utilização e o abastecimento dos recursos renováveis, tais como, painéis fotovoltaicos ou reservatórios para a água pluvial. Por outra parte, como já foi referido, estão aquelas categorias que obtiveram um bom desempenho graças à reutilização de toda a estrutura existente, tais como a primeira e segunda categoria, alterações climáticas e qualidade do ar interior e uso do solo e biodiversidade, respetivamente. Outros aspetos relevantes que ajudaram a conseguir um bom desempenho na parte ambiental foram: A alta refletância dos materiais utilizados nas fachadas, os quais têm uma refletância maior do que o 65%; e a facilidade que o edifício oferece para alterar os seus usos, como por exemplo, os pés direitos que são maiores do que 3.0m em todo o edifício, as condutas instaladas em tetos falsos desmontáveis sendo localizadas em lugares onde é possível fazer a sua manutenção sem destruir os revestimentos, entre outros. Por outra parte, a dimensão económica atingiu um desempenho aceitável, com um nível B. A partir desta dimensão se podem concluir três coisas: a primeira enquanto ao parâmetro dos custos iniciais, os quais foram baixos devido à já mencionada reutilização da estrutura, obtendo o mesmo desempenho do que a melhor prática de referência; a segunda conclusão é o custo que gera no pavilhão a má eficiência energética que o edifício tem, devido aos equipamentos com baixa eficiência energética, fazendo que os custos associados à energia

seja maiores do que os custos da prática convencional; em terceiro lugar, se observou que apesar de ter um alto consumo de água, o museu possui uma tarifa diferente e mais baixa em comparação com um edifício não residencial com dimensões e características similares, obtendo assim um custo associado ao consumo de água 70% mais barato do que num edifício convencional com características similares. Enquanto à avaliação da dimensão social, o edifício apresentou o pior desempenho, obtendo somente um valor de 0.22, e uma classe C, isto deve-se ao deficiente desempenho na categoria de conforto e saúde dos utilizadores, onde obteve uma classe D, sendo das três categorias desta dimensão a que maior peso tem, com um total de 80%, apontando claramente a ser uma das categorias com maior prioridade a otimizar. Cabe sublinhar que nos indicadores desta categoria se fizeram modelos e apreciações que podem ser aproximados à realidade, mas o ideal houvesse sido ter dados fornecidos por medições no sítio, para assim ter uma avaliação com um desempenho totalmente baseado na realidade do edifício em estudo. Por outra parte, as outras duas categorias, acessibilidade e segurança, obtiveram melhores desempenhos, com classes A e B, respetivamente, mas como o peso é pequeno, não conseguiram incrementar o desempenho global da dimensão. Em síntese, o edifício em estudo tomou uma decisão acertada com a reutilização da estrutura já existente, utilizando um espaço previamente edificado, utilizando menos recursos para a construção, e reduzindo os custos para a mesma. Porém, está demonstrado que o museu não teve mais medidas em prol da sustentabilidade, nem na fase de desenho, nem na fase da construção, ou não tem dados que comprovem que efetivamente fizeram práticas que pudessem aumentar a sua sustentabilidade. Com tudo isto, o nível de sustentabilidade global atingido foi C, com um valor de 0.4, sendo um pouco melhor que o convencional, o que indica que a falta de algum pequeno fator, o museu houvesse conseguido atingir um nível B, mas pode conseguir-se com propostas fáceis de implementar e cumprir.

No quinto capítulo foi considerado, aplicado e desenvolvido o terceiro objetivo específico desta dissertação, pois foram identificados os pontos fortes e fracos da avaliação com ajuda do

Anexo XIII, onde por uma parte, se conseguiu observar que os indicadores que obtiveram o melhor desempenho, além dos influenciados pela reutilização da estrutura, como o primeiro, terceiro e decimo indicador (Impacte ambiental associado à escolha dos materiais da construção, localização sustentável e Materiais reutilizados, respetivamente), encontram-se o segundo indicador do efeito de ilha de calor, que foi diminuído graças a refletividade dos materiais utilizados no telhado do museu, o decimo quarto indicador da flexibilidade e adaptabilidade do museu, que atingiu um nível A+, e o indicador do plano de mobilidade, que atingiu um nível A. Por outra parte, se observou que os indicadores relacionados com as categorias de energia, água, e qualidade e saúde dos utilizadores, tem a maior prioridade para ser melhorados, pois seu desempenho foi deficiente, e seus pesos são altos, portanto, quando foram melhorados, a nota de sustentabilidade global atingida aumentaria significativamente.

Estes foram os indicadores I7 de consumo de energia, I8 energias renováveis, I9 gestão de sistemas mecânicos, I13 gestão ambiental, I15 consumo de água, I16 reciclagem e tratamento de água, I18 Qualidade do ar interior, I19 Conforto térmico, I20 Conforto lumínico, e o conjunto de todas estas medidas para otimiza-los provocaria um aumento significativo no desempenho do último indicador o I24 de custos de ciclo de vida. Uma vez apresentadas as propostas se foi cumprindo o quarto e o quinto objetivo, de estudar e avaliar a viabilidade de cada uma das propostas apresentadas para aperfeiçoar e incrementar a sustentabilidade do edifício em estudo. Entre todas as medidas propostas para otimizar a sustentabilidade do edifício em estudo, a quinta proposta para a otimização da sustentabilidade, a substituição de dispositivos para o consumo de água, apresentou o tempo de retorno do investimento mais baixo, pois ao terceiro ano, todo o investimento seria recuperado, nesta parte é imprescindível fazer uma observação, pois também recomenda-se que a proposta de substituir a máquina de lavar loiça pode ser posposta para quando a que está sendo utilizada atualmente cumpra o seu tempo de vida útil, pois o seu custo é muito alto para as poupanças que só esta representa, porém, o conjunto de todos equipamentos desta proposta, fazem que a substituição da máquina de lavar seja viável em qualquer ponto no tempo da vida útil da edificação. Outra observação que se deve fazer é em termos de viabilidade para o dono da obra para levar a cabo a proposta de melhoria, pois todos os equipamentos para o consumo de água se encontram embutidos, o que dificulta a sua substituição, pelo tanto a recomendação que se faz é que enquanto uma danificação obrigue a sua substituição, esta proposta seja aplicada. Seguidamente, a substituição de sistemas de climatização e ventilação, e a substituição das lâmpadas para a iluminação interior, foram as seguintes propostas que menor tempo de retorno do investimento apresentaram, pois no quarto ano, todo o investimento, em teoria, será obtido graças as poupanças que estas gerariam. Enquanto as propostas de equipamentos para gerar energia através de fontes renováveis, e a implementação dum reservatório para agua chuva, o tempo de retorno do investimento de cada uma é muito longo, porém, os benefícios que estas medidas trazem não são só económicas, mas a contribuição com a diminuição do consumo de recursos provenientes de fontes não renováveis é muito alta, portanto, para a filosofia dum museu sustentável que procura ser um exemplo ao nível nacional, este tipo de decisões são as que encaminham uma excelente imagem para o museu e uma nova tendência de construção amigável e responsável com o ambiente nos edifícios de serviços. Existem duas propostas que se com certeza vão contribuir grandemente para uma diminuição dos custos de operação, mas o calculo exato não foi possível de realizar devido à falta de dados e medições que puderam ajudar a facilita-lo, porém, ao nível de

sustentabilidade, estas propostas incrementam grandemente o desempenho sustentável do museu, sendo o caso da proposta de otimização do sistema de monitorização global do edifício, onde são adquiridos sensores que em conjunto com o sistema existente do museu e uma boa formação do pessoal encarregado de controlar e ordenar respostas ao sistema, se consegue aumentar o desempenho em dois indicadores importantes, tais como a qualidade de ar interior e o conforto térmico, aumentando seu desempenho para um nível A e A+, respetivamente. A outra proposta é a sensibilização e formação para a utilização sustentável, onde se incluem os utilizadores permanentes e temporais como os visitantes do museu, e são assinadas múltiplas atividades em prol da socialização dos distintos planes e objetivos a cumprir num edifício sustentável, onde cada pessoa cumprira diversas atividades e comportamentos que vão ajudar ao museu a ser um grande exemplo em termos de criação de consciência direcionada à problemática atual do excessivo consumo de recursos e as distintas formas de diminuí-lo. Em conclusão, tal e como é apresentado no Quadro 64, a implementação de todas as propostas apresentadas, em termos de sustentabilidade contribuem num incremento enorme da sustentabilidade do museu, levando-o de um desempenho de nível C até um desempenho com uma nota global A, pois cada uma das dimensões foi melhorada até atingir também um nível A, com exceção da dimensão económica. De igual maneira, para demonstrar que em todo sentido, incluindo o económico, estas propostas são viáveis, e até, imprescindíveis, se pode evidenciar que nos custos de operação se atingiu uma diminuição de 350 euros/m², até um valor de 232.67 euros/m², noutras palavras, ao final do ciclo de vida, o custo de operação passou de ser 3'669.712 euros, a ser 2'434.175, ou seja, se atingiu uma poupança durante toda a vida útil do edifício de um pouco mais de um milhão de euros, portanto, como já foi dito, estas propostas são excelentes em cada um dos níveis de sustentabilidade, o ambiental, social, e o económico. Enquanto à outra avaliação, a sustentabilidade do local, tal e como é apresentado no Quadro 55 e no Quadro 56 o museu apresenta um bom desempenho, mas este não pode ser melhorado, pois esta avaliação não depende das características do museu, mas das amenidades que estão perto do museu e à acessibilidade utilizando transportes públicos que este possui, portanto apesar de que o nível B que este atingiu nesta avaliação, não foi possível melhorá-la.

6.1. Perspetivas futuras

Nesta dissertação, apesar de que o avanço e a otimização atingida foram grandes, há de sublinhar-se que não foi possível abarcar todo o tema que contem a construção sustentável e a

avaliação do nível de sustentabilidade para os edifícios de serviços. A avaliação e a otimização da sustentabilidade do nível de sustentabilidade que foram desenvolvidos, deverão ser ajustados/atualizados/melhorados, e assim continuar incrementando ainda mais a sustentabilidade do museu em estudo, criando novas medidas que se podem aplicar em distintos cenários em prol de sempre ir aumentando a sustentabilidade nas edificações para assim diminuir o consumo excessivo e inadequado de recursos. Para o efeito, propõem-se os seguintes campos a desenvolver nos trabalhos futuros:

- A coleta de informações respetivas à fase de construção, tais como, materiais utilizados com conteúdo reciclado, produtos utilizados de base orgânica certificados, as medidas que foram tomadas com os resíduos sólidos de construção e demolição, o que se fez para proteger a biodiversidade do local na fase de construção, e assim poder ter em conta os indicadores que não foram avaliados obtendo um nível de sustentabilidade mais aproximado ao real do museu.
- A realização de medições no museu, tais como a quantidade de poluentes existentes, a quantidade de lumens em cada espaço do museu, a temperatura operativa que o museu possui em cada zona, pois com uma avaliação mais real enquanto a estes parâmetros, vai permitir umas medidas de otimização mais acordes às necessidades reais do museu, pois pode ser que o museu nem precise das medidas propostas, ou todo o contrario, que o museu precise ainda mais medidas para melhorar o seu desempenho.
- O desenvolvimento de modelos que ajudem a saber com certeza a poupança real que as medidas de otimização propostas podem trazer, pois algumas foram quantificadas desde a teoria, omitindo muitos aspetos relevantes que podem mudar o seu desempenho, e outras medidas nem foram quantificados os seus tempos de retorno.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alshamrani, O. S., Galal, K. and Alkass, S. (2014) ‘Integrated LCA-LEED Sustainability Assessment Model for Structure and Envelope Systems of School Buildings’, *Building and Environment*. Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.buildenv.2014.05.021.

AQUAMATIC S.A. (2015) *SISTEMAS DE REGA AUTOMÁTICOS E RESERVÁTORIOS*. Available at: http://pre.pt/eurotubo/pdf/Produtos/Rega/Rega_Aquamatic/Tabela/Aquamatic_Tabela_2017.pdf (Accessed: 19 May 2018).

Barbosa, J. A. and Bragança, L. (2012) ‘Contabilizando a reabilitação na avaliação de sustentabilidade de edifícios de serviços’, pp. 93–102.

Berardi, U. (2015) *Chapter 15. Sustainability assessments of buildings, communities, and cities, Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability*. Elsevier Inc. doi: 10.1016/B978-0-12-799968-5.00015-4.

BORNAY (2016) *Aerogenerador Wind 25.3*. Available at: <https://www.bornay.com/es/productos/aerogeneradores/wind-plus> (Accessed: 15 May 2018).

BREEAM ESPAÑA (2012) *Supermercado M&S. Certificado BREEAM en Cheshire-Oaks, UK (en inglés) - YouTube*. YOUTUBE. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=0aD7ILtmKs> (Accessed: 4 April 2018).

Calixto, A. M. S. (2016) *Métodos de Avaliação da Sustentabilidade na Construção - Análise comparative e aplicação a caso de estudo*. Universidade de Coimbra.

CAS (2018) *California Academy of Sciences in San Francisco, CA*. Available at: <https://www.calacademy.org/> (Accessed: 6 April 2018).

Council, I. G. B. (2018) *LEED IRELAND*. Available at: <https://www.igbc.ie/certification/leed/> (Accessed: 18 April 2018).

DAIKIN (2017) *Perfera FXTM-M*. Available at: https://www.daikin.pt/pt_pt/products/FTXM-M.html (Accessed: 8 June 2018).

Datta, M. (2012) *M&S Cheshire Oaks Store*. Available at: <https://corporate.marksandspencer.com/blog/mands-cheshire-oaks-store> (Accessed: 4 April 2018).

2018).

Erix (2016) *Tabela de preços Erix Soluções sanitárias - Orçamentos*. Available at: <http://orcamentos.eu/tabela-de-precos-erix-solucoes-sanitarias/> (Accessed: 13 May 2018).

Ferreira, A. I. M. V. (2009) *Relatórios de Sustentabilidade*. Available at: [http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/11490/1/Dissertação Ana Vilaça Dez09.pdf](http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/11490/1/Dissertação%20Ana%20Vilaça%20Dez09.pdf).

GRAF (2016) *Depósitos soterrados GRAF para recuperar agua de lluvia*. Available at: <https://www.grafiberica.com/depositos-soterrados.html> (Accessed: 19 May 2018).

Jardim Atlântico (2003) *Certificações Hotel Jardim Atlântico*. Available at: <http://www.jardimatlantico.com/> (Accessed: 13 April 2018).

JGBC, J. G. B. C. (2014) *The assessment Method Employed by CASBEE*. Available at: <http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm> (Accessed: 19 April 2018).

Leal, J. P. (2010) *Reabilitação Sustentável de edifícios escolares*. Universidade Nova de Lisboa.

LEED (2010) *LEED / USGBC*. Available at: <https://new.usgbc.org/leed> (Accessed: 19 April 2018).

Macedo, J., Rodrigues, F. and Tavares, F. (2017) ‘Urban sustainability mobility assessment : indicators proposal’. Elsevier B.V., 00. doi: 10.1016/j.egypro.2017.09.569.

Mateus, R. and Bragança, L. (2011) ‘Sustainability assessment and rating of buildings : Developing the methodology SBTool PT e H’, *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 46(10), pp. 1962–1971. doi: 10.1016/j.buildenv.2011.04.023.

Mateus, R. F. M. da S. (2009) *Avaliação da sustentabilidade da Construção. Propostas para o Desenvolvimento de edifícios mais sustentáveis*.

Meneses, F. (2010) *Avaliação da Sustentabilidade da Construção – Estudo de caso*. Universidade do Minho.

MONROY, J. M. S. (2014) ‘CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE, UNA ALTERNATIVA PARA LA EDIFICACIÓN DE VIVIENDAS DE INTERES SOCIAL Y PRIORITARIO’, *UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA*, pp. 1–55.

Neumann, A. L., Millán, M. I. and Aumente, P. A. R. (2005) ‘Investigación e impacto ambiental

de los edificios. La Energía', *Informes de la Construcción*, 57(Figura 1), pp. 47–61. doi: 10.3989/ic.2005.v57.i498.477.

NOVOVENT (2009) *Sistemas de filtrado BOX FILTER*. Available at: http://www.novovent.com/assets/files/pdf/descargas/box_filter.pdf (Accessed: 2 June 2018).

OLIVEIRA, M. M. D. C. (2013) *Adaptação da Metodologia SBTool Geral para Edifícios de Turismo*.

Pinheiro, M. D. (2006) *Ambiente e Construção Sustentável (Environment and Sustainable Construction)*. Instituto. Lisboa: Fernandes & Terceiro. doi: 10.13140/2.1.2707.8724.

Rogmans, T. and Ghunaim, M. (2016) 'A framework for evaluating sustainability indicators in the real estate industry', *Ecological Indicators*. Elsevier Ltd, 66, pp. 603–611. doi: 10.1016/j.ecolind.2016.01.058.

S+S REGELTECHNIK (2017) *Sensor o convertidor para interiores multifuncional*. Available at: <https://spluss.de/fileadmin/assets/RFTM-LQ-CO2> (Accessed: 4 June 2018).

Sala, M. and Gallo, P. (2007) 'Energy efficient and sustainable ancient museum buildings : a case study in Florence', 26(2), pp. 61–78.

Serviterme (2016) *Relatório : Avaliação Desempenho Energético – RECS*.

SOLARSHOP (no date) *6x Painel solar fotovoltaico LG NeON 2 BiFacial 315w*. Available at: <https://www.solarshop.pt/lgbifacial6> (Accessed: 16 May 2018).

Teixeira, A. S. V. (2015) *Análise integrada dos impactes ambientais e do desempenho energético de cenários de reabilitação energética de edifícios*. Universidade do Minho.

USGBC LEED (2011) *California Academy of Sciences / U.S. Green Building Council*. Available at: <https://www.usgbc.org/projects/california-academy-sciences-1> (Accessed: 6 April 2018).

Wei, W., Ramalho, O. and Mandin, C. (2015) 'Indoor air quality requirements in green building certifications', *Building and Environment*. Elsevier Ltd, 92, pp. 10–19. doi: 10.1016/j.buildenv.2015.03.035.

WORTEN (2017) *Máquina de Lavar Loiça SMEG Professional LP364XT* | Worten.pt. Available at: <https://www.worten.pt/grandes-eletrdomesticos/maquinas-de-loica/maquina-de-lavar-loica-smeg-profissional-lp364xt-5659415> (Accessed: 23 May 2018).



ANEXOS



Anexo I. Dimensões, categorias, e indicadores do SBTOOL-PT para edifícios residências

Dimensões	Categorias	Indicadores	ID
DA-Ambiental	C1-Aletrações climáticas e qualidade do ar exterior	Valor agregado das categorias de impacte ambiental de ciclo de vida do edifício por m ² de área útil de pavimento e por ano	P1
	C2-Uso do solo e biodiversidade	Percentagem utilizada do índice de utilização líquido disponível	P2
		Índice de impermeabilização	P3
		Percentagem da área de intervenção previamente contaminada ou edificada	P4
		Percentagem de áreas verdes ocupadas por plantas autóctones	P5
		Percentagem de área em planta com refletância igual ou superior a 60%	P6
	C3-Energia	Consumo de energia primária não renovável na fase de utilização	P7
		Quantidade de energia que é produzida no edifício através de fontes renováveis	P8
	C4-Materiais e resíduos sólidos	Percentagem em custo de materiais reutilizados	P9
		Percentagem em peso do conteúdo reciclado do edifício	P10
		Percentagem em custo de produtos de base orgânica que são certificados	P11
		Percentagem em massa de materiais substitutos do cimento no betão	P12
		Potencial das condições do edifício para a promoção da separação de resíduos sólidos	P13
	C5-Água	Volume anual de água consumido per-capita no interior do edifício	P14
		Percentagem de redução do consumo de água potável	P15



DS-Social	C6-Conforto e saúde dos utilizadores	Potencial de ventilação natural	P16
		Porcentagem em peso de materiais de acabamento com baixo conteúdo de COV	P17
		Nível de conforto térmico médio anual	P18
		Média do Fator de Luz do Dia Médio	P19
		Nível médio de isolamento acústico	P20
	C7-Acessibilidade	Índice de acessibilidade a transportes públicos	P21
		Índice de acessibilidade a amenidades	P22
	C8-Sensibilização e educação para a sustentabilidade	Disponibilidade e conteúdo do Manual do Utilizador do Edifício	P23
DE-Económica	C9-Custos de ciclo de vida	Valor do custo do investimento inicial por m ² de área útil	P24
		Valor atual dos custos de utilização por m ² de área útil	P25



Anexo II. Indicadores, categorias, e dimensões avaliadas no manual SBTOOL-PT para edifícios de serviços.

Dimensões	Categorias	P	Indicadores	Peso Parâmetro	Peso Categoria	Peso dimensão
Dimensão ambiental	C1: Alterações climáticas e qualidade do ar exterior	1	Impacte ambiental associado à escolha dos materiais de construção	60	18	40
		2	Efeito ilha de calor	40		
	C2: Biodiversidade e Uso do solo	3	Eficiência no uso do solo	59	24	
		4	Localização sustentável	41		
		5	Proteção da biodiversidade local em fase de construção	0		
		6	Produto de base orgânica certificados	0		
	C3: Energia	7	Consumo de energia	43	25	
		8	Energias renováveis	29		
		9	Gestão de sistemas mecânicos	29		
	C4: Materiais, resíduos sólidos e gestão de recursos	10	Materiais reutilizados	21	18	
		11	Materiais com conteúdo reciclado	42		



		12	Resíduos sólidos de construção e demolição	0		
		13	Gestão ambiental	21		
		14	Flexibilidade e adaptabilidade	16		
	C5: Água	15	Consumo de água	44	16	
		16	Reciclagem e tratamento de água	44		
		17	Sistema de Gestão de águas pluviais	11		
Dimensão Social	C6: Conforto e saúde dos utilizadores	18	Qualidade do ar interior	24	80	30
		19	Conforto térmico	32		
		20	Conforto lumínico	25		
		21	Conforto acústico	19		
	C7: Acessibilidade	22	Plano de mobilidade	100	10	
	C8: Segurança	23	Segurança dos ocupantes	100	10	
Dimensão económica	C9: Custos de ciclo de vida	24	Custos de ciclo de vida	100	100	30
Dimensão sustentabilidade do local	C10: Sustentabilidade do local	25	Acessibilidade a transportes públicos	35	100	5
		26	Acessibilidade a amenidades	35		

Anexo III. Determinação do valor do Potencial de Gestão dos Sistemas Mecânicos PGS

Critérios	Descrição	√	Créditos
1	Equipa		
1.1	É nomeada uma equipa responsável pelo processo de dimensionamento, instalação, testes de desempenho e fase inicial da manutenção dos sistemas do edifício. Esta equipa é definida em fase de projeto ou anteprojeto e pelo menos um elemento da mesma permanece na equipa até à conclusão da obra.	15	15
2	Documentação		
2.1	O desempenho esperado para os sistemas energéticos foi definido numa fase inicial do projeto e transcrito para o contrato de construção.		5
2.2	É desenvolvido um manual dos sistemas do edifício onde se fornece a informação necessária para compreender, operar e efetuar a manutenção dos sistemas implementados no edifício aos intervenientes que não estiveram envolvidos no projeto e na fase de construção.		10
2.3	São desenvolvidas <i>checklists</i> de construção na fase de projeto e aplicadas na fase de construção com o objetivo de auxiliar e verificar se todos os processos de execução dos sistemas vão de encontro ao definido nos requisitos do dono de obra.		5
2.4	Foram desenvolvidos e utilizados <u>formulários de ocorrência</u> que sirvam para indicar de forma detalhada os eventuais problemas e respetivas soluções que ocorrem durante o processo de comissionamento e que não tenham sido considerados no plano inicial. (OT's)		5
3	Medidas		

3.1	É definido um calendário, na fase de projeto, onde se indicam todas as datas e <i>milestones</i> importantes relacionadas com os sistemas ao longo das diferentes fases do edifício. Este calendário é cumprido ou, em situações em que tal não tenha ocorrido, são justificados os motivos. (Plano manutenção preventiva)		15
3.2	O orçamento relativo à aquisição e instalação dos sistemas energéticos do edifício é definido numa fase inicial do desenvolvimento do projeto do edifício. Este orçamento é cumprido ou, em situações em que tal não tenha ocorrido, são justificados os motivos.		10
3.3	São definidos em fase de projeto os requisitos da formação que eventualmente seja fornecida aos futuros ocupantes para que os sistemas atinjam o desempenho esperado. Estes requisitos são implementados.		10
3.4	Foram definidos, calendarizados e implementados testes e ensaios de desempenho dos sistemas durante e após a fase de construção.		10
4	Plano de gestão dos sistemas mecânicos		
4.1	Foi definido e executado um plano de gestão onde são indicados todos os processos relacionados com a gestão dos sistemas ao longo das diferentes fases de desenvolvimento do edifício.	15	15
4.2	Este plano foi desenvolvido pela equipa definida no ponto 1.1.	10	10
5	Verificação de desempenho		
5.1	É verificado/monitorizado, em fase de utilização, se é atingido o desempenho esperado para os sistemas mecânicos		10



	do edifício e, caso necessário, são implementadas medidas corretivas.		
$\sum P_{GS} =$			40



Anexo IV. Determinação do valor do Potencial do edifício para a existência de uma adequada gestão ambiental (PGA).

Critérios	Descrição	Créditos	Créditos	
			A	B
1	Sistema de Gestão Ambiental			
1.1	O edifício possui um Sistema de Gestão Ambiental certificado pela norma ISO14001 ou pelo EMAS.	0	80	-
2	Sistemas de monitorização			
2.1	O edifício possui um sistema de monitorização dos consumos de água.		6	12
2.2	A entidade gestora do edifício examina os consumos de água através dos valores obtidos através do sistema de monitorização ou através dos valores descritos nas contas de água e, sempre que necessário, implementa medidas corretivas a estes consumos.		3	6
2.3	O edifício possui um sistema de monitorização dos consumos energéticos.		6	12
2.4	A entidade gestora do edifício examina os consumos energéticos através dos valores obtidos através do sistema de monitorização ou através dos valores descritos nas contas de água e implementa, sempre que necessário, medidas corretivas a estes consumos.		3	6
3	Tratamento de resíduos sólidos			
3.1	Existência de locais no interior adequado à deposição de resíduos recicláveis (ecopontos para interiores)			

3.1.1	Está prevista a recolha seletiva dos quatro tipos resíduos (papel, plástico, vidro e indiferenciados) através da existência de ecopontos nas zonas de serviço do edifício.	2	1	2
3.1.2	Está previsto um reservatório para o armazenamento de óleos alimentares usados (óleo) (no caso de edifícios com cozinha/refeitório).		1	2
3.1.3	Está previsto um local para a armazenagem de pilhas usadas (baterias).	2	1	2
3.1.4	Está previsto um local para o armazenamento de resíduos orgânicos provenientes da jardinagem e/ou da cozinha (que não incluem carne nem outro tipo de alimento processado), de modo a garantir a sua compostagem, por exemplo, num serviço público local (no caso de se estar perante um estabelecimento que produz este tipo de resíduos).		1	2
3.1.5	Está previsto um local para armazenamento de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (equipamentos informáticos, aquecedores, lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas, outros).		1	2
3.1.6	Está previsto um local para armazenamento de tinteiros de impressoras a laser ou a jato de tinta, assim como dos toneres das fotocopiadores e dos aparelhos de fax.		1	2
3.2	O local não é servido por sistema público de recolha de resíduos recicláveis (ecopontos) ou a distância aos ecopontos ou ecocentros é igual ou superior a 500m.			
3.2.1	O local será servido por um sistema de recolha gerido pela entidade responsável pela gestão do empreendimento.		3	6

3.3	O local não é servido por um sistema de recolha porta-a-porta de resíduos recicláveis, mas existe nas imediações pelo menos um local público específico para a colocação de resíduos que permite a separação e armazenagem dos diferentes tipos de resíduos em contentores diferentes devidamente identificados (papel, vidro, embalagens, pilhas, óleo, rolhas, etc.).			
3.3.1	Os contentores encontram-se situados no máximo a 50m da porta do edifício ou não é satisfeito pelo menos um dos requisitos referidos no critério 3.2.		2	4
3.3.2	Os contentores encontram-se situados a uma distância da porta do edifício superior a 50m e inferior a 500m.		1	2
3.3.4	O local é servido por um sistema de recolha porta-a-porta de resíduos e está previsto no Mapa de Medições e no Projeto de Arquitetura um local no exterior do edifício adequado à colocação dos contentores e pelo menos quatro contentores que respeitam as seguintes condições:		3	6
	a) Deve permitir a separação e armazenamento dos quatro tipos de resíduos, através de quatro contentores diferentes devidamente identificados;			
	b) Nenhum dos contentores individuais deverá ter um volume inferior a 40 litros e a 6,5 litros por ocupante;			
	c) o volume total mínimo dos contentores é de 28 litros por ocupante.			
4	Consumo de produtos em fase de utilização			
4.1	Contratação responsável de produtos			

4.1.1	O estabelecimento adquire, sempre que possível, papel reciclável (papel higiênico, envelopes, papel de fotocópia, papel contínuo, entre outros).		3	6
4.1.2	Sempre que o estabelecimento procede a renovações de equipamentos e artigos em bom estado (mobiliário, têxteis, eletrodomésticos), estes são vendidos ou oferecidos a instituições de caridade ou outras instituições que distribuam estes tipos de bens.		1	2
4.1.3	Caso não estejam em bom estado, estes produtos são encaminhados para a entidade gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) local.		1	2
4.1.4	O estabelecimento promove a recolha das lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas em contentores específicos e encaminha-os para a entidade gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrônicos (REEE) local.		1	2
4.1.5	A entidade gestora do edifício promove a reciclagem dos tinteiros das impressoras, a laser ou a jato de tinta, assim como dos toneres das fotocopiadores e dos aparelhos de fax, encaminhando-os para os respetivos fornecedores.		1	2
4.2	Utilização de produtos com rótulo ecológico			
	A percentagem anual em massa de produtos de limpeza adquiridos para utilização no edifício com rótulo ecológico é de:			
4.2.1	a) 0 a 25%		1	2
4.2.2	b) 25% a 50%		2	4
4.2.3	c) 50% a 75%		3	6
4.2.4	d) 75% a 100%		4	8



	A percentagem anual em massa de produtos de jardinagem adquiridos para utilização no edifício com rótulo ecológico é de:			
4.2.5	e) 0 a 25%		1	2
4.2.6	f) 25% a 50%		2	4
4.2.7	g) 50% a 75%		3	6
4.2.8	h) 75% a 100%		4	8
5	Formação dos ocupantes			
5.1	Formação dos utilizadores permanentes			
5.1.1	O estabelecimento disponibiliza de um programa de informação destinado aos utilizadores através de panfletos ou outras advertências;	0	2	4
5.1.2	São agendadas reuniões periódicas com os utilizadores permanentes do edifício para discutir e aprender mais sobre as políticas de sustentabilidade do estabelecimento;	0	2	4
5.2.2	São preparados estágios ou seminários de formação quando necessário para os utilizadores permanentes de modo a certificar-se de que compreenderam as políticas do estabelecimento.	0	2	4
5.3	Formação dos utilizadores pontuais			
5.3.1	O estabelecimento coloca à disposição dos seus utilizadores informações sobre a sua política de sustentabilidade, as medidas adotadas assim como certificações, se possuir alguma, através de notas informativas e de sensibilização visíveis;	0	1	2



5.3.2	Existe sinais indicativos para garantir que os utilizadores desliguem as luzes e outros equipamentos elétricos quando não estão a ser utilizados ou quando eles não se encontrem no local;	0	1	2
5.3.3	Para o programa de separação de resíduos, coloca nos locais adequados contentores de lixo diferenciados disponibilizando sempre as respetivas instruções na sua proximidade, de forma clara e acessível.	2	1	2
5.3.4	Existe informação apropriada nas casas de banho acerca da sua utilização com vista à economia de água;	0	1	2
5.5	Manual de utilização			
5.5.1	Existe um manual ou procedimentos escritos à disponibilidade dos funcionários para a sua formação e sensibilização, que indicam medidas e funções a implementar assim como explicações de alguns procedimentos a efetuar, com vista a uma gestão sustentável do estabelecimento.	0	3	6
5.5.2	Este manual apresenta-se organizado em função dos diferentes departamentos (Direção, Administração, Receção, etc.) e das diferentes categorias em que devem ser tomadas medidas pelos respetivos departamentos (Energia, Água, Resíduos e Reciclagem, etc.), de tal forma que cada pessoa compreende as medidas que lhe compete cumprir.	0	2	4
5.5.3	O manual de formação inclui aspetos relativos as seguintes categorias:	0	2	4
	a) Água			
	b) Energia			
	c) Resíduos Sólidos e Reciclagem			



	d) Produtos Químicos			
	Somatória	6		



Anexo V. Determinação do potencial de flexibilidade e adaptabilidade do edifício (PFA).

Critérios	Descrição	√	Créditos
1	Modularidade de compartimentos		
1.1	Densidade e posicionamento de pilares		
1.1.1	O número médio de pilares por m ² encontra-se entre os seguintes valores:		
	- Maior do que 0,20 p/m ² ;		0
	-]0,20; 0,16] p/m ² ;		1
	-]0,16; 0,13] p/m ² ;		2
	-]0,13; 0,10] p/m ² ;		3
	-]0,10; 0,08] p/m ² ;		4
	- Menor do que 0,08.		5
1.1.2	Os pilares interiores são colocados da seguinte forma:		
	- Mais de 50% dos pilares estão embebidos em paredes interiores;		0
	- Entre 50% e 30% dos pilares estão embebidos em paredes interiores;		1
	- Entre 10% e 30% dos pilares estão embebidos em paredes interiores;		3
	- Quase todos os pilares estão em interceções de paredes interiores.		5
1.2	Vigas e pé direito		
1.2.1	O pé direito médio entre pisos situa-se entre os seguintes valores:		
	- Menor do que 2,6m;		0



	Entre 2,6m e 2,8m;		1
	- Entre 2,8m e 3,0m;		3
	- Maior do que 3,0m.	5	5
1.2.2	A altura das vigas excede a espessura das lajes em média:		
	- Mais de 20cm;		0
	- Entre 20cm e 11cm;		1
	- Entre 10cm e 1cm;		3
	- Quase todas as vigas são rasas.	5	5
1.3	Elementos de compartimentação		
1.3.1	É possível retirar os elementos de acabamento das paredes interiores sem danificar os elementos de suporte:		
	- Em menos de 50% (área);		1
	- Em menos de 75% (área);		2
	- Pelo menos em 76% (área).	3	3
1.3.2	Foram utilizados elementos pré-fabricados, passíveis de reutilização após desconstrução de elementos de compartimentação:		
	- Em menos de 50% (área);	1	1
	- Em menos de 75% (área);		2
	- Pelo menos em 76% (área).		3
1.3.3	- Foram utilizados elementos de partições móveis ou modulares		
	- Em menos de 25% (área);	1	1
	- Em menos de 50% (área);		3



	- Em menos de 75% (área);		4
	- Pelo menos em 76% (área).		5
2	Sistemas de ventilação e climatização		
2.1	Localização de condutas		
	Condutas em elementos de compartimentação:		
	- Não é possível aceder às condutas sem destruir os revestimentos;		0
2.1.1	- Menos de 50% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;		1
	- Menos de 70% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;		2
	- Mais de 71% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos.	3	3
	Condutas no teto		
	- As condutas estão colocadas no teto, em tetos falsos não acessíveis;		0
2.1.2	- As condutas estão colocadas no teto, em tetos falsos desmontáveis;	3	3
	- As condutas estão colocadas no teto, sem existência de tetos falsos.		5
2.1.3	As condutas estão colocadas pelo exterior do edifício.		4
21.4	Existem interceções ao longo das condutas, que permitem o estabelecimento de novas ramificações ou a eliminação de ramificações existentes.	2	2

2.2	Equipamentos		
2.2.1	É possível desconectar os equipamentos de ventilação e climatização dos elementos sem danificar revestimentos.	2	2
2.2.2	Existe espaço suficiente (pelo menos 50cm de perímetro livre) para efetuar operações de reparação / manutenção / substituição dos equipamentos.	2	2
3	Sistemas de água e canalizações		
3.1	Localização de canalizações		
3.1.1	Canalizações no interior de elementos de compartimentação		
	- Não é possível aceder às canalizações sem destruir os revestimentos;		0
	- Menos de 50% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;		1
	- Menos de 70% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;	3	3
	- Mais de 71% estão colocadas em elementos de compartimentação, com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos.		5
3.1.2	As canalizações estão colocadas pelo exterior dos elementos de compartimentação.		5
3.1.3	Existem interceções acessíveis ao longo das canalizações, que permitem o corte de água, assim como o estabelecimento de novas ramificações ou a eliminação de ramificações existentes.	2	2
4	Sistemas elétricos e comunicações		
4.1	Localização de condutas		



4.1.1	Condutas no interior de elementos de compartimentação		
	- Menos de 50% estão colocadas com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;	1	
	- Menos de 70% estão colocadas com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos;	2	
	- Mais de 71% estão colocadas com possibilidade de manutenção sem destruição de revestimentos.	4	4
4.1.2	As condutas estão colocadas pelo exterior dos elementos de compartimentação.	5	5
	Existem interceções acessíveis ao longo das condutas, que permitem o estabelecimento de novas tomadas, assim como de novas ramificações.	1	
Somatória		41	créditos

Anexo VI. Cálculo do consumo anual de água potável no interior do edifício

Tipo de dispositivo	Dispositivos existentes no edifício	[1] Consumo por utilização	[2] Número de Utilizações/ Dia utilizador	[3] Número de utilizadores afetos ao dispositivo	[4] Número de dias de funcionamento por ano	[5] Volume anual de água consumido
Bacias de retrete visitantes	Descarga de 6L	6.5	1	750	313	1525.875
Bacias de retrete Trabalhadores	Torneiras convencionais	6.5	6	98	313	1196.286
Torneiras Visitantes	Descarga de 6L	1	4	750	313	939
Torneiras Trabalhadores	Torneiras convencionais	1	10	98	313	306.74
Máquina de lavar louça	Máquina convencional	25	0.12	248	313	232.872
Lava-louça	Torneira convencional	12	1	0	313	0
				Σ = (PAINT)		4200.773

Anexo VII. Cálculo da melhor prática para o consumo diário de água potável

Tipo de dispositivo	Dispositivos existentes no edifício	[1] Consumo por utilização	[2] Número de Utilizações/ Dia utilizador	[3] Número de utilizadores afetos ao dispositivo	[4] Número de dias de funcionamento por ano	[5] Volume anual de água consumido
Bacias de retrete Visitantes	Dupla descarga 6/3 l	4	1	750	313	939
Bacias de retrete Trabalhadores	Dupla descarga 6/3 l	4	6	98	313	736.176
Torneiras Visitantes	Torneiras com arejador	0.5	4	750	313	469.5
Torneiras Trabalhadores	Torneiras com arejador	0.5	10	98	313	153.37
Máquina de lavar louça	Baixo consumo	15	0.12	248	313	139.7232
Lava-louça	Torneiras com arejador	6	1	0	313	0
				$\Sigma =$ (PAINT*)		2437.7692

Anexo VIII. Determinação do nível de conforto térmico durante a estação de aquecimento

Tipo de compartimento	Temperatura operativa média (Θ _{omin95})	Prática convencional	Melhor prática	Valor normalizado	Área total de compartimentos (m ²)	PCTI*Ai
P-1S4	15.14	19	21	-0.2	833.5	-166.7
POS4	17.36	19	21	-0.2	833.5	-166.7
POS9	14.76	19	21	-0.2	906.44	-181.288
POCafetaria	16.07	19	21	-0.2	187.81	-37.562
PO-Livraria	17.00	15	17.5	0.798992596	187.81	150.0587995
PO Circulação	15.12	16.5	19	-0.2	248.49	-49.698
P1_SETOR_2	17.02	19	21	-0.2	920.83	-184.166
P1_SETOR_3	15.00	19	21	-0.2	463.88	-92.776
P1_LABORATORIO	18.78	19	21	-0.10924182	858.45	-93.7786361
P1_AUDITORIO	15.00	19	21	-0.2	394.57	-78.914
P2_MEZZANINE_1	18.38	19	21	-0.2	254.95	-50.99
P2_MEZZANINE_2	18.83	19	21	-0.08398184	242.53	-20.3681157
P1_ESCRITORIOS_1	18.46	19	21	-0.2	317.37	-63.474
P1_ESCRITORIOS_2	17.81	19	21	-0.2	329	-65.8
PO_ENTRADA	16.22	16.5	19	-0.11014042	34.71	-3.82297412
P1_PASSAGEM	18.44	16.5	19	0.77542744	191.2	148.2617265
				-0.92894404	7205.04	-957.7172



Anexo IX. Determinação do nível de conforto térmico durante a estação de arrefecimento

Tipo de compartimento	Temperatura operativa média (Θ_{omin95})	Prática convencional	Melhor prática	Valor normalizado	Área total de compartimentos (m ²)	PCTI*Ai
P-1_SETOR_4	21.0783155	27	25.5	1.2	833.5	1000.2
P0_SETOR_4	27.5126122	27	25.5	-0.2	833.5	-166.7
P0_SETOR_NOVE	29.1195734	27	25.5	-0.2	906.44	-181.288
P0_CAFETARIA	29.5650662	27	25.5	-0.2	187.81	-37.562
P0_LIVRARIA	27.7188351	27	25.5	-0.2	187.81	-37.562
P1_SETOR_2	30.1807603	27	25.5	-0.2	920.83	-184.166
P1_SETOR_3	29.0409065	27	25.5	-0.2	463.88	-92.776
P1_LABORATORIO	27.9388963	27	25.5	-0.2	858.45	-171.69
P1_AUDITORIO	29.9994885	27	25.5	-0.2	394.57	-78.914
P2_MEZZANINE_1	29.8042632	27	25.5	-0.2	254.95	-50.99
P2_MEZZANINE_2	33.5083087	27	25.5	-0.2	242.53	-48.506
P1_ESCRITORIOS_1	31.8520643	27	25.5	-0.2	317.37	-63.474
P1_ESCRITORIOS_2	31.7653253	27	25.5	-0.2	329	-65.8
				-1.2	6730.64	-179.228

Anexo X. Cálculos para o conforto lumínico.

A. Níveis de iluminância fornecidos por iluminação natural em todos os compartimentos do edifício onde houver ocupação																	
	ST sala de telecomunicações	Centro de controle T (16)	Oficina (11)	Oficina (12)	Bilheteira parte 1	Bilheteira parte 2	Sala (S3)	Escritório (6.1)	Escritório (6.2)	Escritório (6.3)	Sala de descanso (9)	Mezzanine 1	Escritórios (outros)	Museu	Cafeteria	Armazém	Estacionamento
M (Fator Correc.)	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
W (A. Envid.)	0,0	0,0	0,0	0,0	43,8	20,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
alfa	0,0	0,0	0,0	0,0	70,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
beta	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
teta	90,0	90,0	90,0	90,0	20,0	84,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0	85,0	90,0	90,0	90,0	90,0	90,0
T	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Área	16,0	21,1	79,0	203,3	52,5	159,2	40,2	28,1	27,9	28,0	34,4	159,3	689,6	5533,6	187,5	1637,2	1534,9
Perímetro	16,3	19,9	36,9	57,2	44,4	86,3	27,0	22,2	22,1	22,2	25,0	74,2	186,2	527,4	97,1	286,9	277,8
Pé direito	4,9	4,9	4,9	4,9	6,6	6,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	3,3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
R	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Área total(vol)	110,9	138,8	336,7	683,8	398,3	889,0	153,8	116,6	116,0	116,3	136,7	563,5	1937,6	12649,4	666,2	4135,0	3903,1



FLDM	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FLDM*Área	0,0	0,0	0,0	0,0	42,8	167,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
FLDM	0,2													0,0	0,0	0,0	0,0
FLDM•	1,0													1,0	2,0	0,5	0,5
FLDM•	3,0													3,0	3,0	3,0	3,0
FLDM prom.	-0,2													-0,2	-0,2	-0,2	-0,2
Fluxo Luminoso (Lumens)	8987,2	11861,0	44429,6	114307,8	29537,2	89556,6	22608,5	15809,5	15696,6	15747,2	19324,1	89579,1	387808,2	2228934,1	65550,0	298625,3	116652,4
Part	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	402,8	349,6	182,4	76,0
D. Níveis de iluminância médios diários anuais de cada compartimento contabilizando iluminação natural e artificial																	
Pilui	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	573,0	413,4	360,2	193,0	86,6
Pilui pior	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0	300,0	300,0	100,0	100,0
Pilui melhor	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	500,0	500,0	150,0	150,0
Pilui normalizado	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,3	1,2	-0,2



Lux atuais	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	562,4	402,8	349,6	182,4	76,0
Lux recomendados	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	750,0	500,0	500,0	150,0	150,0
Lumens por lâmpada	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0	760,0
No. Lâmpadas	12,0	21,0	59,0	151,0	39,0	118,0	30,0	21,0	21,0	21,0	26,0	118,0	511,0	2933,0	87,0	395,0	154,0	
Lux obtidos	570,7	756,8	567,6	564,6	564,4	563,2	567,2	567,8	571,8	570,0	575,1	563,0	563,2	402,8	352,6	183,4	76,3	
Fator área espaço/área total	0,002	0,002	0,008	0,019	0,005	0,015	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,015	0,066	0,529	0,018	0,156	0,147
Ponderação Pilui normalizado	0,000	0,001	0,002	0,006	0,001	0,004	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,004	0,019	0,300	0,005	0,188	-0,029
Fator área/lâmpada	0,8	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,5	0,5	0,2	0,1	



Anexo XI. Determinação do valor do potencial do edifício para a promoção de um adequado plano de mobilidade

Critérios	Descrição	√	Créditos
1	Condições para acesso ao edifício a pé ou de bicicleta		
1.1	Percursos para ciclistas e pedestres		
1.1.1	Existem percursos específicos para ciclistas, mas estes são também partilhados por pedestres.		5
1.1.2	Existem percursos específicos para ciclistas e percursos específicos para os pedestres.	10	10
1.2	Estacionamento		
1.2.1	Existe, pelo menos, um lugar de estacionamento específico para bicicletas, por cada 10 utilizadores permanentes do edifício.	5	5
1.2.2	Existem dois lugares de estacionamento específicos para bicicletas, por cada 10 utilizadores permanentes do edifício.		10
	A distância entre os estacionamentos específicos para bicicletas e a entrada principal do edifício é de:		
1.2.3	Menos de 25 metros	10	10
1.2.4	Entre 25 metros e 75 metros		5
1.2.5	Superior a 75 metros		0
1.2.6	Os estacionamentos específicos para bicicletas localizam-se num local coberto.	10	10
1.3	Instalações específicas para ciclistas e pessoas que vêm a pé		
	O edifício possui um balneário (com 1 chuveiro e um espaço específico para troca de roupa) por cada 10 lugares de estacionamento específicos para bicicletas. No caso de edifício que não possuam um número de utilizadores suficientes para ser		10



	necessário existirem 10 lugares de estacionamento existe pelo menos um balneário.		
2	Outros meios de transporte		
2.1	Existe informação destinada aos utilizadores acerca dos transportes públicos que servem o edifício. Se não existirem transportes públicos no local, são indicadas informações sobre outros meios de transportes.	10	10
2.2	O edifício possui uma estação de abastecimento para carros elétricos.	0	10
3	Acesso a pessoas com mobilidade condicionada		
	A percentagem de área dos compartimentos do edifício aos quais pessoas com mobilidade condicionada podem aceder percorrendo uma distância igual ao semelhante à percorrida por pessoas sem qualquer tipo de condicionamento em termos de mobilidade é de:		
3.1	Menos de 25%		0
3.2	Entre 25% a 50%		10
3.3	Entre 50% a 75%		20
3.4	Mais de 75%	40	40
Somatória		85	

Anexo XII. Determinação do valor do potencial do edifício para a promoção de um nível de segurança adequado para os seus ocupantes (PSO).

Critérios	Descrição	Créditos	√
1	Garantia de continuação de funcionamento dos principais serviços do edifício		
1.1	Energia		
1.1.1	Está instalado um gerador de energia que permite fornecer energia elétrica:		
	- Aos principais sistemas do edifício em caso de desastre natural ou de falha nos serviços;	5	5
	-A todo o edifício em caso de interrupção de fornecimento por parte dos serviços públicos.	10	
1.1.2	O sistema elétrico foi dimensionado por secções, e a ocorrência de falha numa parte do sistema não impede o adequado funcionamento das restantes secções.	5	
1.2	Água		
1.2.1	O edifício possui um depósito de água que pode ser utilizado em caso de interrupção do sistema público.	10	10
1.2.2	O sistema de distribuição de água foi dimensionado por secções, e a ocorrência de falha numa parte do sistema não impede o adequado funcionamento das restantes secções.	5	
1.3	Telecomunicações		
1.3.1	O edifício possui pelo menos 2 meios de comunicação diferentes (ex. fibra ótica, wireless, etc.).	10	10
1.3.2	O sistema de telecomunicações foi dimensionado por secções, e a ocorrência de falha numa parte do sistema não impede o adequado funcionamento das restantes secções.	5	5
2	Incêndios		
2.1	Distância da saída do edifício ao marco de incêndio ou à boca-de-incêndio mais próxima:		
	a. 30 metros;	0	
	b. 20 metros;	5	
	c. 10 metros.	10	10
2.2	A distância máxima de qualquer ponto do interior do edifício até a um extintor é de:		
	a. 15 Metros;	0	0
	b. Inferior a 15 metros;	5	
	c. Inferior a 10 metros.	10	
2.3	A classe de resistência ao fogo (R) dos elementos estruturais apenas com função suporte de cargas:		

	a. Verifica os requisitos regulamentares de acordo com o quadro IX do Regulamento Técnico de Segurança contraincêndio em Edifícios (SCIE).	0	0
	b. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro IX em 30 minutos.	5	
	c. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro IX em 60 minutos.	10	
2.4	A classe de resistência ao fogo (REI) dos elementos estruturais com função suporte e de compartimentação:		
	a. Verifica os requisitos regulamentares de acordo com o quadro IX do Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE).	0	0
	b. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro IX em 30 minutos.	5	
	c. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro IX em 60 minutos.	10	
2.5	A classe de comportamento ao fogo (REI/EI) dos elementos de isolamento e proteção entre utilizações-tipo distintas:		
	a. Verifica os requisitos regulamentares de acordo com o quadro X do Regulamento Técnico de Segurança contraincêndio em Edifícios (SCIE).	0	0
	b. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro X em 30 minutos.	5	
	c. É superior à classe mínima obrigatória para o tipo de utilização indicada no quadro X em 60 minutos.	10	
3	Segurança pessoal dos utilizadores do edifício		
3.1	Iluminação		
3.1.1	Existe um sistema de iluminação nas zonas de estacionamento do edifício de forma a proporcionar a iluminação necessária em termos de segurança (pelo menos 5 lux).	5	5
3.1.2	Existe um sistema de iluminação nos percursos pedonais e na entrada principal do edifício disposto linearmente ao longo dos percursos, definindo alinhamentos que auxiliam no encaminhamento dos pedestres até aos acessos do edifício (pelo menos 10 lux).	5	5
3.2	Sistema de segurança		
3.2.1	O edifício é protegido por um técnico de segurança durante 24 horas.	10	10



3.2.2	O edifício está equipado com um sistema de vigilância.	5	5
Somatória			65



Anexo XIII. Peso, avaliação e nota global dos indicadores

Indicador	Peso global	Avaliação	Nota global
I1	4,3	1,00	A
I2	2,9	0,87	A
I3	0,0	0,00	D
I4	9,6	1,08	A+
I5	0,0	0,00	D
I6	0,0	0,00	D
I7	4,3	-0,08	E
I8	2,9	-0,02	E
I9	2,9	0,33	C
I10	1,5	1,00	A
I11	3,0	0,00	D
I12	0,0	0,00	D
I13	1,5	-0,20	E
I14	1,1	1,03	A+
I15	2,8	0,00	D
I16	2,8	0,00	D
I17	0,7	0,40	C
I18	5,8	0,00	D
I19	7,7	-0,09	E
I20	6,0	0,51	B
I21	4,6	0,00	D



I22	3,0	0,88	A
I23	3,0	0,58	B
I24	30,0	0,47	B

Anexo XIV. Cálculos para o conforto lumínico com a proposta de melhoria

	ST sala de telecomunicações	Centro de controle T (16)	Oficina (11)	Oficina (12)	Bilheteira parte 1	Bilheteira parte 2	Sala (S3)	Escritório (6.1)	Escritório (6.2)	Escritório (6.3)	Sala de descanso (9)	Mezzanine 1	Escritórios (outros)	Museu	Cafeteria	Armazém	Estacionamento
M (Fact. Correc)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
W (A. Envid.)	0,00	0,00	0,00	0,00	43,78	20,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alfa	0,00	0,00	0,00	0,00	70,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beta	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Teta	90,00	90,00	90,00	90,00	20,00	84,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	85,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
T	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Área	15,98	21,09	79,00	203,25	52,52	159,24	40,20	28,11	27,91	28,00	34,36	159,28	689,56	5533,60	187,50	1637,20	1534,90
Perímetro	16,28	19,92	36,85	57,18	44,37	86,31	26,97	22,21	22,14	22,17	25,00	74,23	186,17	527,40	97,08	286,87	277,76
Pé direito	4,85	4,85	4,85	4,85	6,61	6,61	2,72	2,72	2,72	2,72	2,72	3,30	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
R	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Área total (vol.)	110,92	138,79	336,72	683,82	398,33	888,99	153,76	116,63	116,04	116,30	136,72	563,52	1937,64	12649,40	666,24	4135,01	3903,09
FLDM	0,00	0,00	0,00	0,00	0,81	1,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
FLDM*Área	0,00	0,00	0,00	0,00	42,79	166,99	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,91	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

FLDM	0,16													0,00	0,00	0,00	0,00
FLDM*	1,00													1,00	2,00	0,50	0,50
FLDM*	3,00													3,00	3,00	3,00	3,00
FLDM prom.	-0,20													-0,20	-0,20	-0,20	-0,20
Fluxo Luminoso (Lumens)	14300,00	1716 0,00	6006 0,00	15444 0,00	4004 0,00	12012 0,00	3146 0,00	22880, 00	22880, 00	22880, 00	2860 0,00	12012 0,00	51766 0,00	27742 00,00	9438 0,00	24596 0,00	231660, 00
Part	762,17	762,1 7	762,1 7	762,1 7	762,1 7	762,1 7	762,1 7	762,17	762,17	762,17	762,1 7	762,1 7	762,1 7	501,3 4	503,3 6	150,2 3	150,93
Pilui	772,75	772,7 5	772,7 5	772,7 5	772,7 5	772,7 5	772,7 5	772,75	772,75	772,75	772,7 5	772,7 5	772,7 5	511,9 2	513,9 4	160,8 1	161,51
Pilui pior	500,00	500,0 0	500,0 0	500,0 0	500,0 0	500,0 0	500,0 0	500,00	500,00	500,00	500,0 0	500,0 0	500,0 0	300,0 0	300,0 0	100,0 0	100,00
Pilui melhor	750,00	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,00	750,00	750,00	750,0 0	750,0 0	750,0 0	500,0 0	500,0 0	150,0 0	150,00
Pilui normalizado	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,06	1,07	1,20	1,20
Lux atuais	562,40	562,4 0	562,4 0	562,4 0	562,4 0	562,4 0	562,4 0	562,40	562,40	562,40	562,4 0	562,4 0	562,4 0	402,8 0	349,6 0	182,4 0	76,00
Lux recomendados	750,00	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,0 0	750,00	750,00	750,00	750,0 0	750,0 0	750,0 0	500,0 0	500,0 0	150,0 0	150,00

Lumens por lâmpada	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00	2860,00
No. Lâmpadas	5,00	6,00	21,00	54,00	14,00	42,00	11,00	8,00	8,00	8,00	10,00	42,00	181,00	970,00	33,00	86,00	81,00
Lux obtidos	894,87	813,66	760,25	759,85	762,38	754,33	782,59	813,92	819,78	817,14	832,36	754,14	750,71	501,34	503,36	150,23	150,93
Fator área espaço/área total	0,002	0,002	0,008	0,019	0,005	0,015	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	0,015	0,066	0,529	0,018	0,156	0,147
Ponderação Pilui normalizado	0,002	0,002	0,008	0,021	0,005	0,017	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004	0,017	0,072	0,560	0,019	0,188	0,176
Fator área/lâmpada	0,313	0,284	0,266	0,266	0,267	0,264	0,274	0,285	0,287	0,286	0,291	0,264	0,262	0,175	0,176	0,053	0,053

Anexo XV. Comparação entre os desempenhos e níveis atingidos dos indicadores antes e após as melhorias

Indicador	Peso global	Antes da Melhoria		Após a melhoria	
		Avaliação	Nota global	Avaliação	Nota global
I1	4,3	1,00	A	1,00	A
I2	2,9	0,87	A	0,87	A
I3	0,0	0,00	D	0,00	D
I4	9,6	1,08	A+	1,08	A+
I5	0,0	0,00	D	0,00	D
I6	0,0	0,00	D	0,00	D
I7	4,3	-0,08	E	0,03	C
I8	2,9	-0,02	E	0,57	A
I9	2,9	0,33	C	1,06	A
I10	1,5	1,00	A	1,00	A
I11	3,0	0,00	D	0,00	D
I12	0,0	0,00	D	0,00	D
I13	1,5	-0,20	E	0,60	B
I14	1,1	1,03	A+	1,03	A+
I15	2,8	0,00	D	1,02	A+
I16	2,8	0,00	D	0,65	B
I17	0,7	0,40	C	0,40	C
I18	5,8	0,00	D	1,00	A



I19	7,7	-0,09	E	1,20	A+
I20	6,0	0,51	C	1,02	A+
I21	4,6	0,00	D	0,00	D
I22	3,0	0,88	A	0,88	A
I23	3,0	0,58	B	0,75	A
I24	30,0	0,47	B	0,64	A